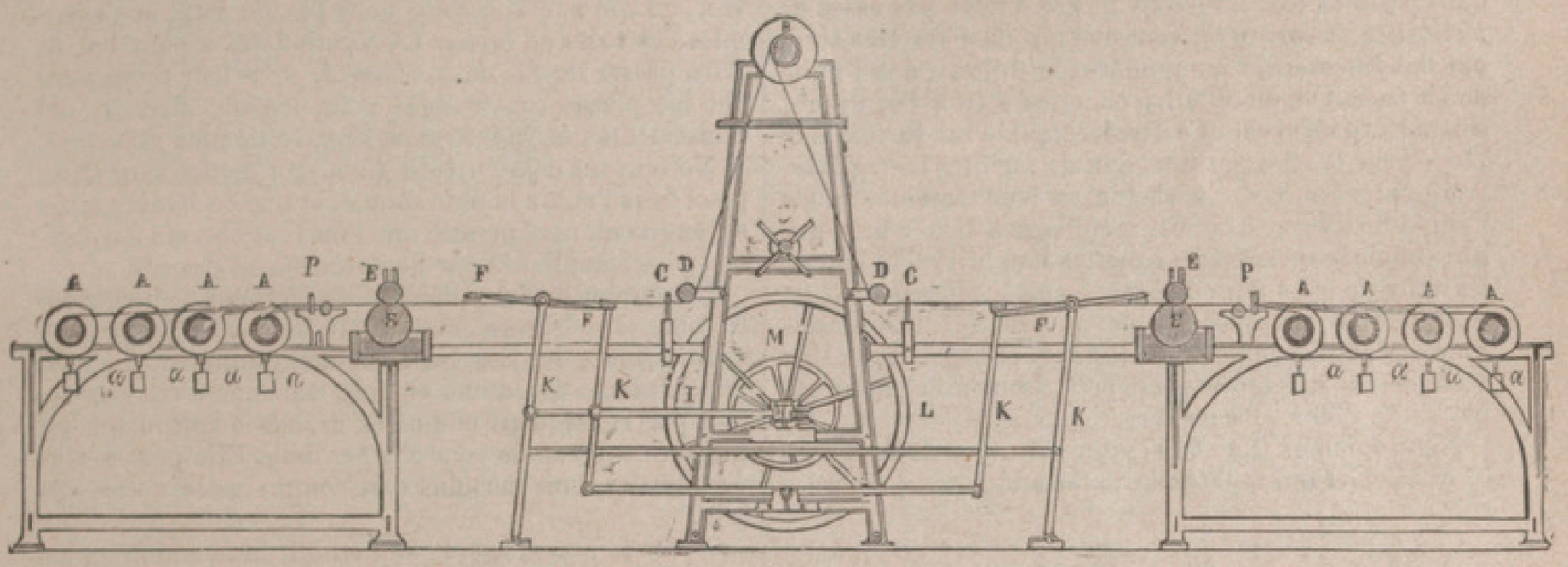
ordinairement le sulfate de zinc, parce qu'il est incolore et moins cher.

Si, pour un tissu, on se contentait d'enrouler les fils de la chaîne sur deux rouleaux parallèles, comme nous l'avons indiqué précédemment, sans leur faire subir aucune préparation, il arriverait infailliblement que, par suite du travail qu'ils ont à supporter pendant l'opération du tissage, ils se détordraient presque tous à l'endroit des lisses qui les soulèvent, et se casseraient. Afin d'éviter cet inconvénient, et de leur conserver toute la force que leur a communiquée la torsion, on a soin de les enduire de colle qui, en séchant rapidement, les maintient dans la position où le métier à filer les a abandonnés.

La machine à parer et encoller les chaînes a donc pour but, de disposer les fils bien parallèlement avant de les enrouler sur le cylindre de derrière du

elles se trouvent a lieu le plus fréquemment et le plus convenablement par un tuyau de vapeur disposé transversalement sous le ventilateur de chacune d'elles. De cette façon le ventilateur aspire directement l'air chaud pour le diriger sur les fils. La température nécessaire à un atelier varie nécessairement avec l'état hygrométrique de l'air et avec la finesse des fils. Par un temps sec, 20 à 22° centigrades suffiront, tandis qu'il faudra jusqu'à 30 et 34° si l'atmosphère est chargée d'humidité. On comprend aussi que les fils fins sècheront toujours un peu plus facilement que les gros, ou dans le même temps avec 2 ou 3 degrés de chaleur de moins.

Préparations des fils pour trame. Des dévidages et des mouillages constituent les préparations des fils de trame avant de les soumettre au tissage. Les premiers ont pour but de les disposer sous la forme la plus con-



2446

métier à tisser, et de les enduire de colle en quantité suffisante pour qu'ils résistent au travail du tissage. A cet effet, elle se compose (fig. 2446) d'un bâti horizontal aux extrémités duquel sont des cannelures, en nombre suffisant pour recevoir les rouleaux A, A, A, en sortant de l'ourdissoir, chargés chacun d'un nombre de fils déterminé d'avance.

C et C sont deux peignes ou plaques en acier percées d'un grand nombre de fentes verticales très rapprochées. Les fils sont passés avec ordre dans ces peignes, chacun dans une dent, et vont de là se réunir aussi régulièrement que possible sur le cylindre B, placé à la partie supérieure d'un bâti vertical, après avoir passé préalablement entre les deux cylindres E E et sous le cylindre D. Au bout de quelques tours du cylindre B, la disposition des fils sur ce cylindre est aussi régulière que lorsqu'ils sortent des peignes.

Les cylindres E E sont destinés à coller les fils de la manière suivante :

Le cylindre inférieur est entouré de flanelle et plonge dans une auge pleine de colle liquide de farine ; le cylindre supérieur est comme le premier entouré de flanelle, et sert uniquement à répartir la colle sur les fils aussi uniformément que possible.

F F sont des brosses douées d'un mouvement rectiligne alternatif et agissant en dessus et en dessous des fils, de manière à les bien imprégner de colle, et à ne leur en laisser que la quantité nécessaire.

En O est un ventilateur à force centrifuge, qui lance de l'air chaud sur les chaînes, afin qu'elles soient complétement sèches quand elles arrivent sur le cylindre B.

On imprime moyennement une vitesse de 130 à 140 tours à la minute à la poulie motrice. La vitesse du ventilateur est ordinairement de 400 révolutions dans le même temps.

Le chauffage des machines à parer et des ateliers où

venable pour les loger dans la navette et pour faciliter leur développement de la manière la plus régulière, sans occasionner de perte de temps ni de déchet. Le mouillage n'a lieu que dans certains cas, toutes les fois que les fils ont besoin d'une grande flexibilité et que la quantité à loger dans l'unité de surface devient considérable, en un mot toutes les fois qu'il faut produire un tissu très serré et que la matière peut être exposée à l'eau pure ou à une eau savonneuse sans inconvénient, car ce n'est jamais qu'avec ces liquides qu'on la mouille

On a cherché à supprimer complétement l'opération intermédiaire du dévidage pour trame, en faisant produire aux métiers à filer des canettes assez parfaites et convenablement disposées pour pouvoir être placées directement dans la navette. Mais ce n'est encore que dans le filage du coton et en partie dans celui de la laine peignée qu'on est parvenu à obtenir ce résultat favorable. Les broches des métiers à filer sont garnies, comme on sait, de petits cylindres en carton autour desquels s'enroulent les fils sous forme de petits cônes qu'on nomme *canettes*.

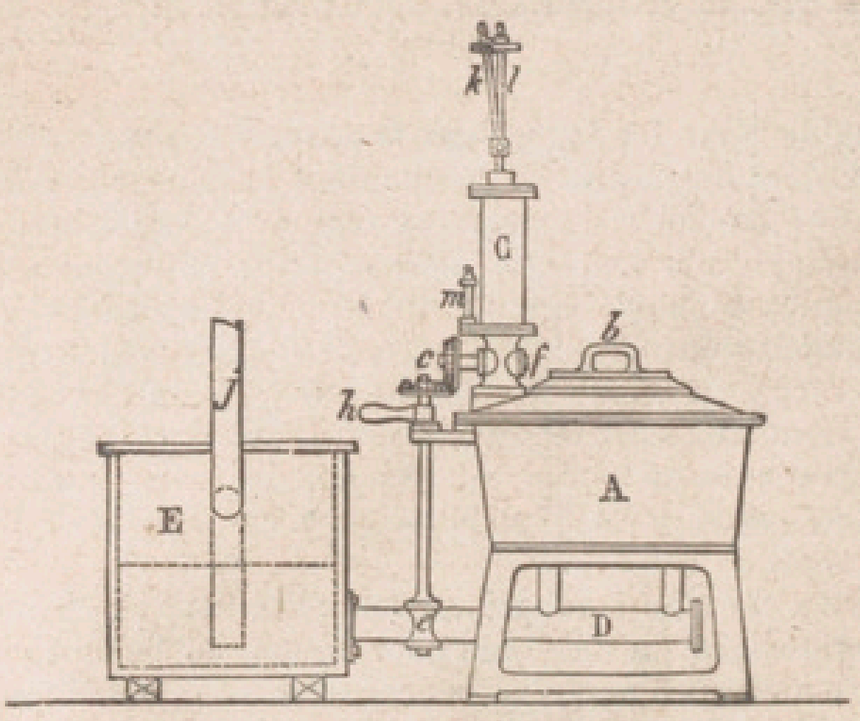
On n'a jusqu'à présent pu atteindre cette condition avantageuse pour les autres matières, soit parce que les métiers à filer ne permettent pas d'y arriver, soit parce que la forme des navettes qui doivent recevoir les canettes exige des dispositions particulières. Quoi qu'il en soit, dans l'état actuel des choses, on est obligé d'avoir recours à des machines à faire les canettes, pour les fils de lin, de laine cardée, une partie de ceux en laine peignée et pour la soie.

Les machines en usage sont assez variées. Pour le lin et la laine elles sont si simples et ont tant d'analogie avec la plupart des machines à dévider précédemment décrites, que nous avons cru pouvoir nous dispenser d'en donner un dessin spécial. Pour le lin, une seule

machine dévide un certain nombre de canettes à la fois; mais pour les laines et surtout pour les fils en laine cardée, au lieu d'employer un dévidoir pour produire également plusieurs canettes simultanément, on les forme généralement encore l'une après l'autre absolument comme cela se pratiquait avant l'application du travail mécanique. Les raisons qu'on donne pour opérer ainsi ont si peu de valeur que nous sommes convaincus de voir bientôt adopter les canettières par l'industrie des laines cardées. C'est pour le tissage de la soie que les machines à faire les canettes ont été le plus perfectionnées. Dans toutes, on se propose d'en former dont le fil soit régulièrement disposé autour de la petite bobine de manière à se dérouler facilement jusqu'au bout sans se mêler.

Mouillage des trames. Tous les fils pour trame, excepté ceux de la soie, sont susceptibles d'être mouillés dans certains cas, lorsqu'ils ne présentent pas assez de résistance ou lorsqu'on veut obtenir un tissu très serré par l'augmentation du nombre de duites dans l'unité de surface. On mouille les canettes soit à l'eau pure, soit à l'eau de savon. Ce dernier liquide est surtout employé pour les fils très fins, afin de faciliter leur glissement entre ceux de la chaîne et leur tassement dans l'angle formé par eux. Ce mouillage a lieu tantôt par une simple immersion des canettes dans le liquide dont on les retire pour les faire égoutter, mais le plus souvent on se sert d'une pompe. M. Kohler du Vieux-Thann a imaginé une petite pompe spéciale pour cette opération. Une seule de ces machines suffit pour le mouillage des canettes de 350 à 400 métiers.

Nous donnons (fig. 2447) une élévation de l'appareil de M. Kohler qui suffit pour le faire bien comprendre.



2447.

L'appareil se compose: du réservoir E qui contient l'eau pure ou la dissolution de savon; le tube *j* sert à l'arrivée de vapeur pour faire la dissolution de savon; de la caisse en fonte A dans laquelle on dispose les canettes à mouiller, et qui est hermétiquement fermée, et de la pompe C destinée à faire le vide, de façon à faire arriver le liquide par le tuyau D sur les canettes. Lorsqu'on a établi la communication entre cette caisse et le réservoir E, et qu'on l'a interceptée entre celle-ci et la pompe C, ce qui a lieu au moyen de la relation des deux roues d'angle *c* qui existent entre les deux robinets *e* et *f*, il suffit de diriger ceux-ci dans l'un ou l'autre sens par le manche *h*. Le petit tube *m* est une *éprouvette* pour indiquer le degré de raréfaction de l'air qui est ordinairement suffisante après 100 coups de piston qui sont imprimés par la tige *k* guidée dans des montants *ll* qui maintiennent la verticalité du piston. Pour disposer les canettes dans la caisse en fonte A, on les embroche d'abord en nombre de 15 à 20 dans de petits fuseaux en laiton; on les dispose dans des espèces de doubles fonds en fer-blanc percés de petits orifices qu'on place ensuite dans la caisse. On met autant de ces plateaux ou doubles fonds que la caisse en peut contenir, on replace ensuite le couvercle *b* et on fait mouvoir la pompe C. Le vide étant opéré, on intercepte la communication entre la pompe et la caisse pour la rétablir entre cette dernière et le tuyau D de la caisse E. On fait la même manœuvre deux ou trois fois suivant la grosseur des canettes ou qu'elles sont plus ou moins serrées; on ôte ensuite le couvercle *b;* on enlève les plateaux qu'on dépose sur la grille qui couvre l'appareil pour les laisser égoutter.

Remettage et armures. La chaîne étant enroulée et disposée convenablement sur un cylindre ensouple du métier à tisser, il s'agit d'établir la communication entre tous les fils et les leviers qui doivent les faire mouvoir, ce qui a lieu, comme nous l'avons vu, par l'entremise des *lisses* ou *lames*. L'opération qui a pour but de faire passer les fils dans celles-ci, et de leur faire occuper les places convenables pour pouvoir effectuer des croisements déterminés entre eux, se nomme *remettage*.

Nous avons déjà vu qu'il fallait au moins deux lisses pour faire l'étoffe la plus simple, et que ce nombre allait en augmentant à mesure que l'on veut obtenir des dessins plus compliqués par l'entrelacement des fils.

La réunion de lisses nécessaires à produire un effet déterminé est désignée sous le nom de *remise*.

Le nombre des lisses est toujours infiniment moindre que celui des fils d'une chaîne, chacune d'elles en reçoit par conséquent une assez grande quantité qui est généralement égale pour chaque lisse. Elle peut cependant varier dans certains cas, comme on le verra plus loin.

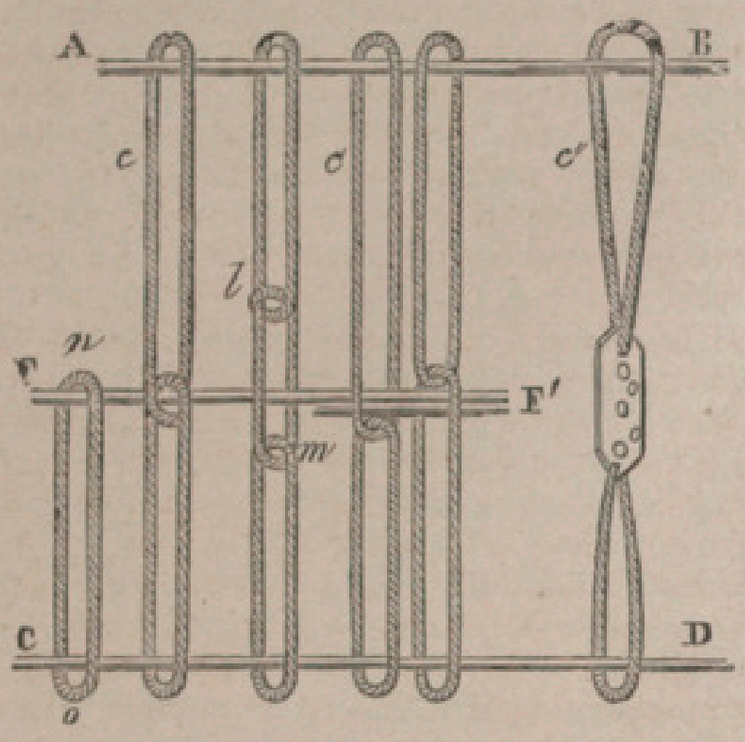
Après le remettage, il faut établir la communication entre les lisses et les leviers ou marches qui doivent leur transmettre le mouvement. Lorsqu'il y a plus de deux lisses, on peut les faire mouvoir dans autant d'ordres différents que l'on peut obtenir de permutations avec un nombre égal à celui des lisses, mais les effets de croisement différents qui en résultent sont assez limités et peuvent être déterminés à priori.

Les relations des lames avec les marches ont reçu le nom d'*armures*. Ce nom est également réservé aux entrelacements des fils qui en sont la conséquence.

Le remettage et la formation des armures reposent sur des principes du tissage qui ont tant de corrélations entre eux, qu'il nous a paru indispensable d'en donner une description simultanée; cependant nous croyons devoir expliquer auparavant avec quelques détails la construction des *boucles*, *mailles* et *maillons*, et des *lisses*.

Une maille est une boucle formée par une petite corde verticale destinée à livrer passage à un ou plusieurs fils de la chaîne. Un maillon, qui a la même destination, est un petit orifice, percé dans une plaque de verre ou toute autre matière solide, fixé également à une corde verticale. Une maille peut être formée de plusieurs boucles disposées les unes au-dessus des autres et un maillon peut être percé de plusieurs orifices superposés. La fig. 2448 représente différentes mailles et maillons; *c* est une maille à une boucle, désignée sous le nom de maille simple ou à crochet; *c'* est une maille composée de deux boucles réunies et est nommée maille à *coulisse*. La maille *l m*, est une maille à grande coulisse composée d'une seule boucle allongée dans laquelle le fil peut glisser de haut en bas et de bas en haut. On désigne enfin sous le nom de maille à culotte une demi-maille *n o* fixée par sa partie inférieure à la lisse et qui sert dans certains cas spéciaux à rabattre les fils qui sont passés dans une maille à grande coulisse; F et F' représentent les fils passés dans les mailles. Le maillon *c''* est figuré avec trois orifices *o o*. Une lisse

ou une lame est composée de l'assemblage d'un plus ou moins grand nombre de mailles de même espèce réunies verticalement et parallèlement entre elles au moyen



2448.

de deux petites règles en bois AB, CD, nommées *lisserons* ou *lamettes*. Les lisses sont presque exclusivement réservées à la production des étoffes unies des trois premiers genres, on ne s'en sert que comme moyens accessoires dans le tissage des étoffes façonnées. Les maillons qui peuvent se mouvoir isolément servent au contraire à produire les tissus façonnés dont chaque fil doit au besoin pouvoir être mû séparément.

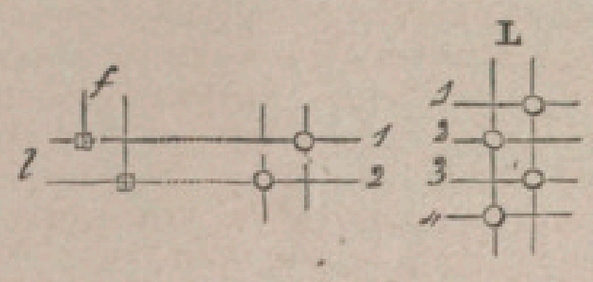
Nous allons d'abord décrire le remettage et les armures employés pour les tissus unis. Ne pouvant nous étendre longuement sur cette spécialité, nous chercherons surtout à en faire saisir les principes élémentaires. L'emploi des armures est d'ailleurs moins fréquent depuis que la machine à la Jacquart a été propagée. Dès que le nombre de lisses dépasse une certaine quantité, une trentaine par exemple, il est plus avantageux de leur substituer la mécanique à la Jacquart.

Armures fond de toile ou taffetas. De tous les tissus, les plus simples sont les toiles et la batiste pour le chanvre et le lin; la mousseline et les cotonnades en général pour le coton; le drap ordinaire pour la laine; le taffetas pour la soie. Le tissage de toutes ces étoffes est exécuté absolument de la même manière. Il n'y a de différence entre elles que dans la nature et la finesse des fils, et par conséquent dans leur quantité. Si on examine ces tissus à la loupe, si on les défile, on s'apercevra facilement qu'ils présentent les croisements indiqués dans les fig. 2438 et 2439. La fig. 2438 donne la surface de l'étoffe; on a représenté les fils *f f* de la chaîne, et les fils *t* de la trame écartés entre eux pour les faire mieux distinguer. On voit (fig. 2439) les deux positions relatives après deux coups de battant successifs; *r r* représentent les deux baguettes d'enverjure qui divisent les fils de la chaîne en deux parties égales.

La fig. 2449 donne la disposition du remettage et de l'armure qui doivent être adoptés dans ce cas.

Pour indiquer le premier, on trace autant de lignes horizontales *l l*, qu'on doit employer de lisses, et autant de lignes verticales *f f* qu'il faut de fils pour le genre de croisements que l'on veut obtenir avant de revenir à la première lisse. Le nombre de fils nécessaire pour exécuter le tracé d'un remettage, est ce qu'on nomme un **cours**, ou une *course*; pour le cas dont il s'agit, la course se réduit à deux fils; si donc, on avait dans la chaîne un nombre considérable de fils *l*, *l*, le tracé du remettage indiquerait que tous les fils pairs doivent être pas-

sés dans les mailles d'une lisse, et les fils impairs dans celles de l'autre. Pour le tracé de l'armure qui détermine l'ordre du mouvement des lisses, les lignes horizontales 1 et 2 (fig. 2449) indiquent encore les lisses,



2449.

2450.

et les lignes verticales désignent les leviers ou marches.

Pour l'armure taffetas, ou fond de toile dont nous nous occupons, chaque lisse a, par conséquent, sa marche; il suffit donc d'appuyer sur l'une ou l'autre pour entraîner la lisse correspondante et les fils qu'elle porte.

Ordinairement, on réunit les deux lisses par une corde (fig. 2440) que l'on fait passer sur la poulie *p* en appuyant sur l'un des leviers L; la lisse correspondante descend pendant que l'autre monte, et les fils *f f* fixés par leurs deux extrémités aux cylindres forment alors le parallélogramme G H I K, dont l'angle *a* près de l'ouvrier est celui dans lequel on chasse la duite. Au mouvement suivant, la lisse 1, qui précédemment était élevée, est foulée, tandis que la lisse 2 s'élève. Le même parallélogramme G H I K se reforme avec cette différence, que les fils qui en formaient dans le premier mouvement les côtés supérieurs, en composent maintenant les côtés inférieurs et réciproquement.

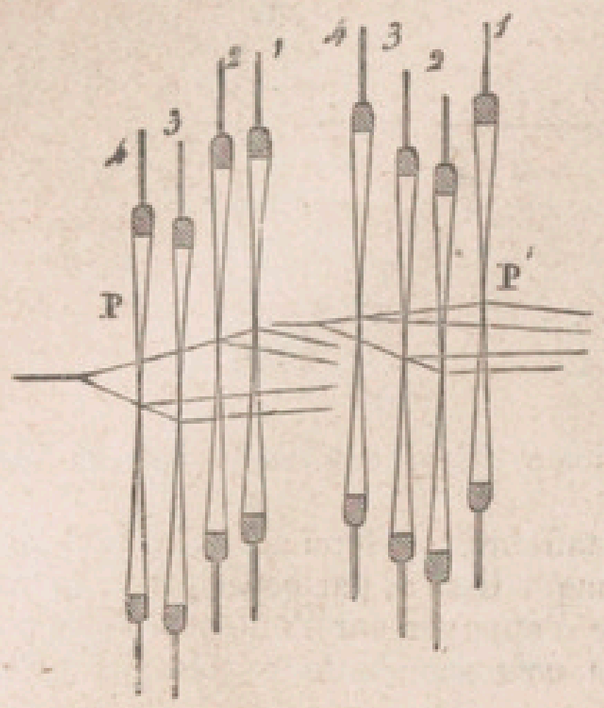
Lorsqu'une chaîne contient une très grande quantité de fils, comme par exemple, pour certains taffetas, au lieu d'employer deux lisses, on en emploie quatre, afin que chacune ne porte que le quart des fils et que le mouvement soit allégé. Cette division entre un plus grand nombre de lisses, donne plus de facilité pour arriver à une tissure régulière. Le remettage, dans ce cas, s'exécute comme l'indique la fig. 2450; 1, 2, 3, 4, sont les lisses, et L L les marches. La course de remettage est alors de quatre fils, et chaque marche L fait mouvoir deux lisses; 1 et 3 se meuvent ensemble dans un sens, pendant que 2 et 4 se meuvent dans le sens opposé, car les lisses sont attachées deux à deux à une même corde, comme les précédentes, et leur mouvement a lieu de la même manière.

Il est évident que pour ce genre de tissus deux passages successifs de la trame suffisent pour que tous les fils de la chaîne aient été couverts et découverts de la même manière sur la largeur qu'elle embrasse; il s'en suit aussi que le tissu présente identiquement le même aspect des deux côtés, qu'il est par conséquent sans envers.

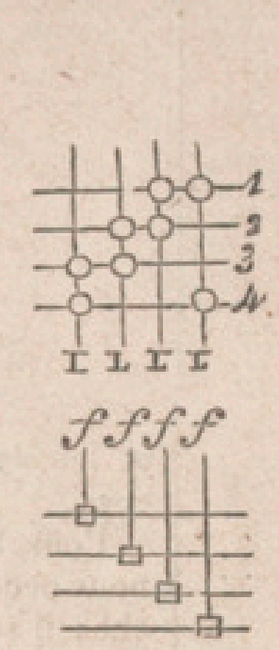
Armure batavia ou croisée. Avec deux lisses il est impossible d'obtenir une autre croisure que celle que nous venons d'indiquer. Lorsqu'on voudra produire des aspects plus compliqués, il faudra nécessairement en augmenter le nombre. Nous venons de démontrer qu'avec quatre lisses, on pouvait produire l'armure fond de toile; nous allons voir qu'avec le même nombre de lisses, le même remettage et une modification dans le mouvement des lisses, on parvient à obtenir une croisure différenet et un effet nouveau. Au lieu de faire mouvoir les deux paires de lisses alternativement, on fait mouvoir les quatre lisses de manière que chacune se meuve deux fois de suite; une fois avec la lisse qui la précède, et une fois avec celle qui la suit. Cette combinaison du mouvement

des lisses produit l'armure, connue sous le nom d'armure *croisée* ou *batavia;* toutes les étoffes croisées sont tissées avec celle-ci, que nous allons expliquer en détail.

2453.

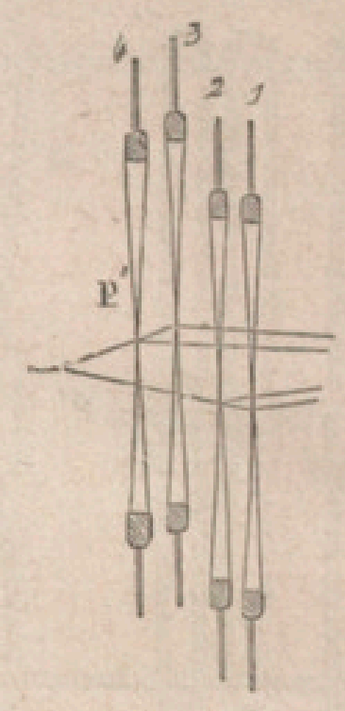


2455.

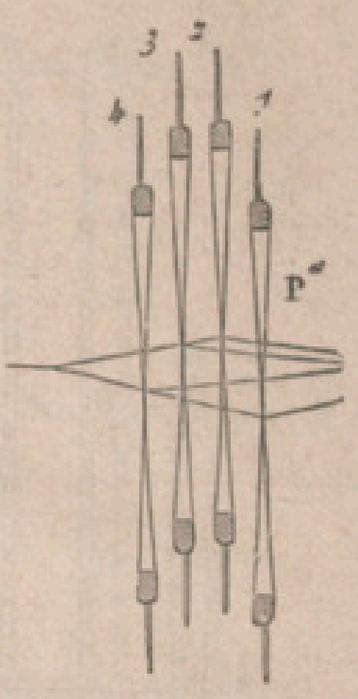


2456.

2454.



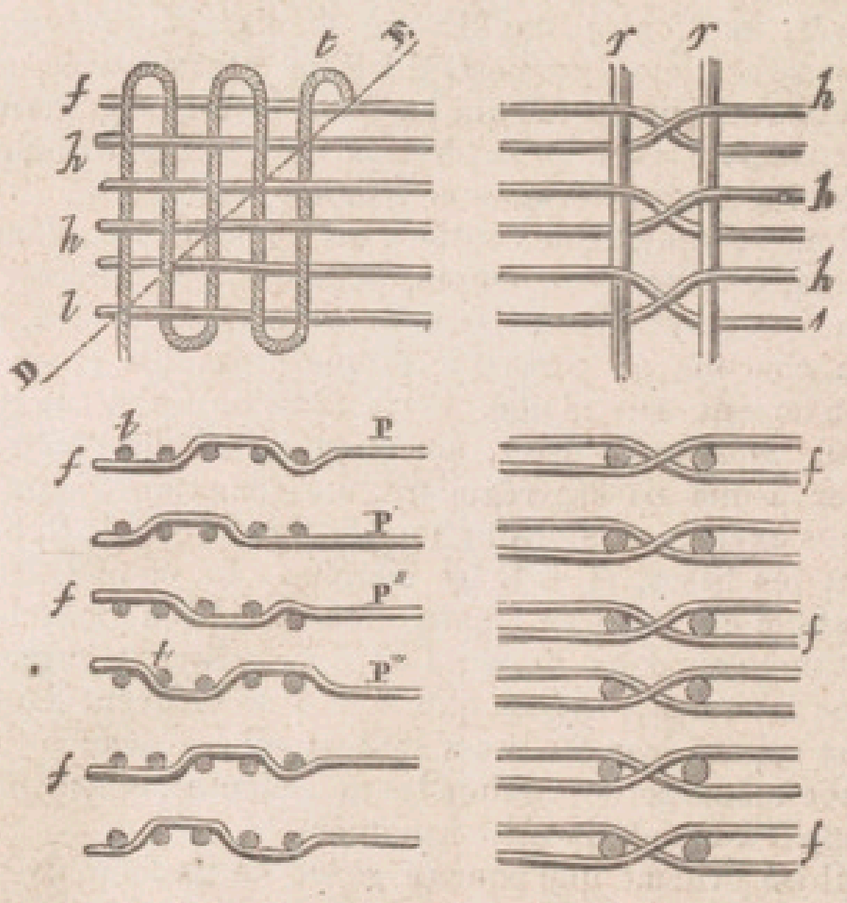
2457



2458.

La fig. 2451 indique la disposition des fils dans le tissu. On remarque que les baguettes d'enverjure *r r*

2451.



2452.

de la chaîne sont passées de manière à séparer par moitié les fils en les croisant. Les coupes de la fig. 2452 montrent comment sont disposés les fils de la trame, par rapport à ceux de la chaîne, après chaque mouvement. La fig. 2453 donne l'ordre du remettage, et la fig. 2454 la disposition de l'armure, c'est-à-dire l'ordre dans lequel les marches doivent soulever les lisses. Quand le remettage a été exécuté comme l'indique la fig. 2453, c'est-à-dire quand on a passé successivement chaque fil de la chaîne dans les lisses 1, 2, 3, 4, qu'on a répété cette opération un nombre de fois égal à celui des fils de la chaîne divisés par 4; chacune d'elles est chargée d'un même nombre de fils, et leur mouvement doit être exécuté d'après les indications de la fig. 2453 dans laquelle L L, indiquent les 4 marches, et les chiffres 1, 2, 3, 4, les 4 lisses. Les fig. 2455, 2456, 2457 et 2458, montrent comment le mouvement des lisses s'opère et donnent les coupes correspondantes aux croisements opérés par les quatre positions P P' P'' P''' de l'armure que nous venons d'indiquer. Afin d'embrasser plus facilement les quatre mouvements différents de l'armure, nous allons les indiquer dans un seul tableau.

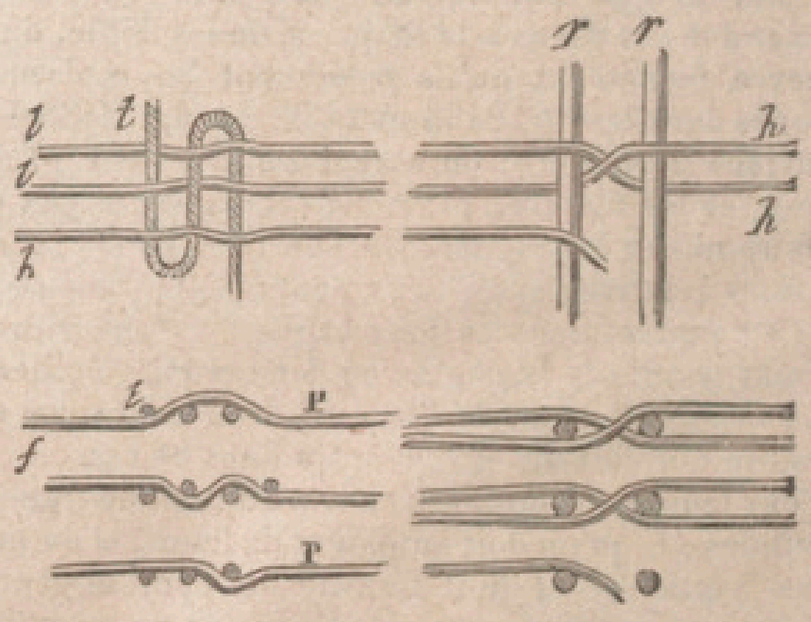
Positions des lisses :

Dans les mouvements.	Lisses levées.	Lisses baissées.
P	2 et 1	4 et 3
P'	1 » 4	3 » 2
P''	4 » 3	2 » 1
P'''	3 » 2	1 » 4

Il résulte de ces positions, combinées au remettage fig. 2453, que les croisements affectent une direction diagonale (fig. 2451). C'est la succession de ces diagonales qui produit dans les tissus croisés les sillons parallèles qui les caractérisent. Ceux-ci peuvent être plus ou moins sensibles et diversifiés suivant que la grosseur des fils varie ou que les entrelacements s'exécutent en les reculant d'un ou de plusieurs à chaque mouvement, et suivant qu'on fait usage de fils ordinaires ou qui ont reçu une torsion spéciale.

Armure scrgée. Si au lieu de quatre lisses, on n'en

2459.



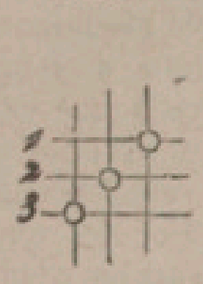
2460.

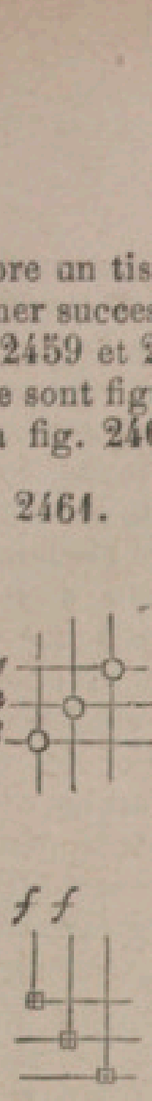
emploie que trois correspondant chacune à une marche L, L, L, pouvant se mouvoir isolément, on produira

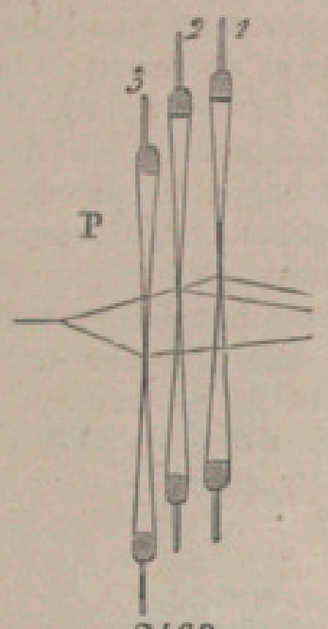
TISSAGE.

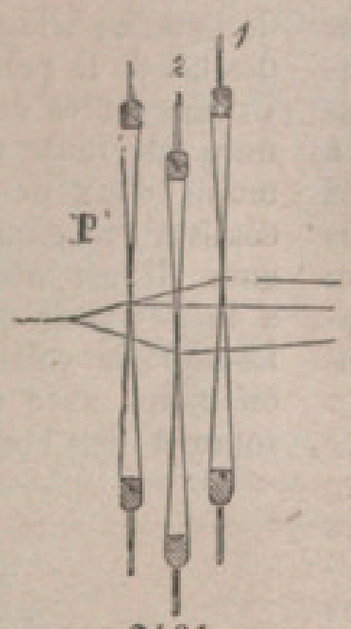
encore an tissu croisé ; il suffira pour cela de leur imprimer successivement les positions représentées par les fig. 2459 et 2460. Les effets des croisements à chaque duite sont figurés en P P' P" (fig. 2463, 2464 et 2465) et la fig. 2461 donne l'entrelacement que les fils of-

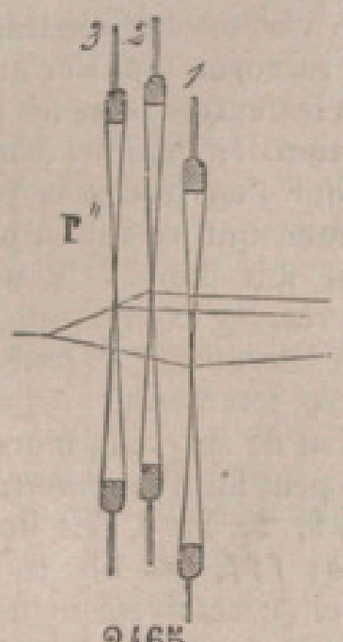
2461.







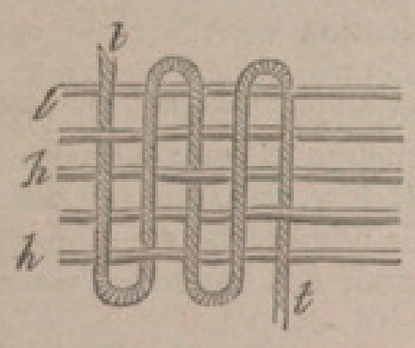


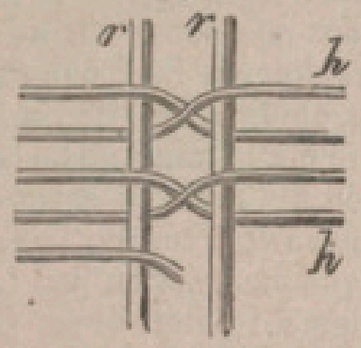


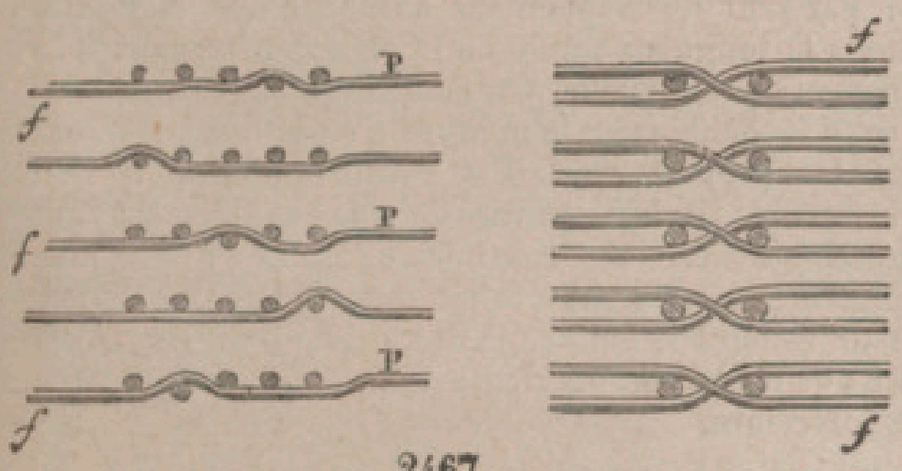
2462. 2463. 2464. 2465.

frent à la surface des tissus. Cette armure a reçu le nom d'*armure sergée*. Elle se reconnaît par des sillons plus petits et plus serrés que ceux de la précédente. Les étoffes sergées sont très solides, puisque les liaisons ont

2466.



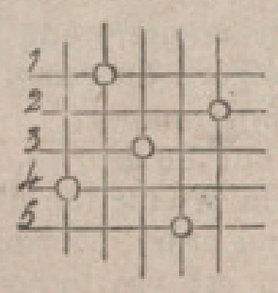




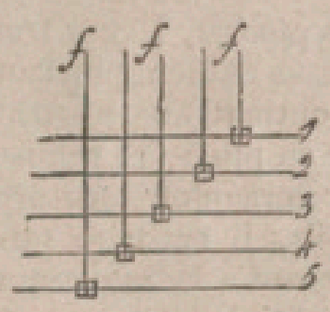
2467.

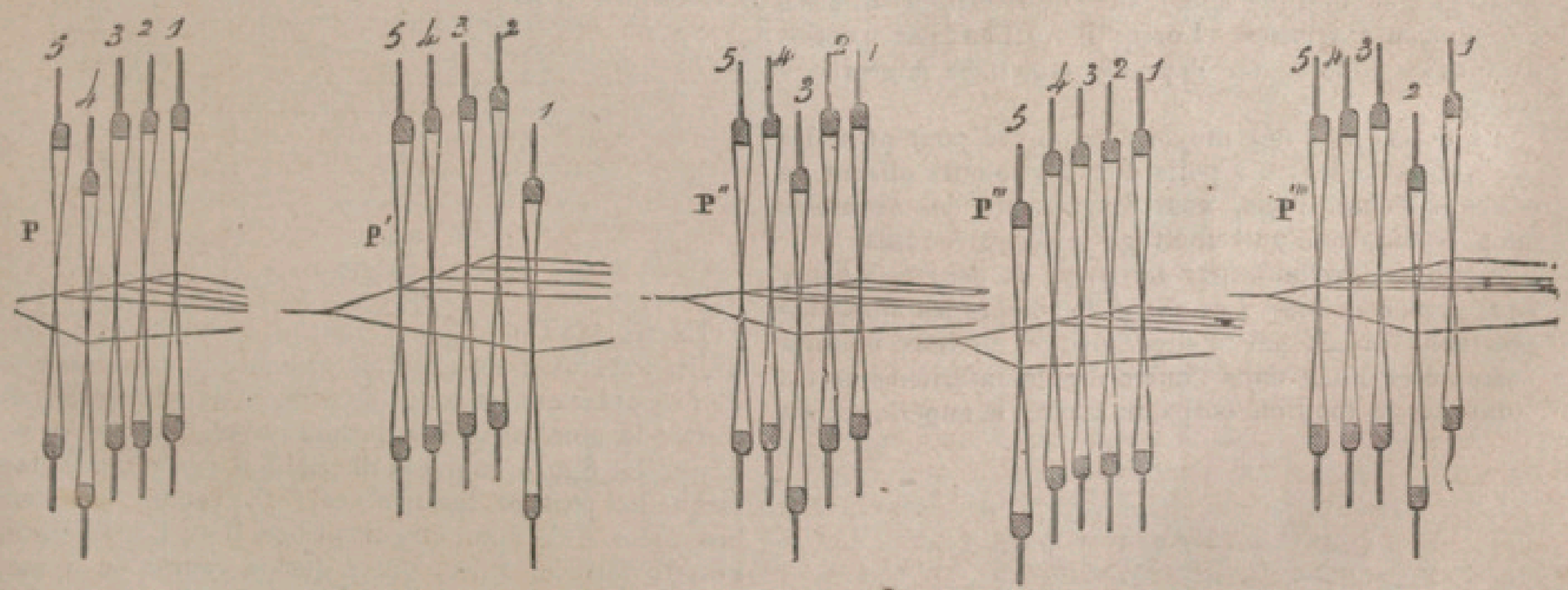
change de nom lorsque, au lieu d'opérer avec trois lisses, on agit avec un plus grand nombre. Elle prend alors le nom d'*armure satin*. On ne fait guère de satin avec moins de cinq lisses. Cette quantité va en augmentant avec la richesse et le brillant que l'on veut donner aux tissus ; on fait des satins de 5, de 7, de 8, de 12 et de 16 lisses ; on dépasse rarement ce nombre. Nous donnons l'exemple d'un de cinq lisses ; la fig. 2468 indique son remettage, qui est toujours suivi à la course ; la figure 2469 représente le tracé de son armure. Les figures 2470, 2471, 2472, 2473 et 2474 donnent les différentes positions des lisses qui résultent de chaque mouvement de marche. La figure 2467 fait voir les croisements des fils de la trame et de la chaîne correspondant aux cinq positions P, P', P", P"', P"". Enfin, la fig. 2466 indique l'aspect que présentent les fils à la surface du tissu. Une armure satin, d'un plus grand nombre de lisses, ne serait pas plus difficile à comprendre. L'inspection des coupes de la fig. 2467 démontre que, dans ce genre de tissu, ce sont les fils *t t t* de la trame qui sont les plus en évidence. Or, ceux-ci sont toujours moins tordus que ceux de la chaîne. Les premiers réfléchissent, par conséquent, davantage la lumière et sont plus brillants ; c'est ce qui explique la cause de l'apparence qu'offrent ces variétés en général. Ils sont, en effet, d'autant plus éclatants qu'ils ont été produits avec le concours d'un plus grand nombre de lisses, puisqu'alors la quantité de trame devient de plus en plus dominante et le nombre des solutions

2468.



2469.





2470. 2471. 2472. 2473. 2474.

jeu fil à fil ; aussi les emploie-t-on surtout pour les tissus communs qui doivent offrir une grande résistance.

Armure satin. L'armure que nous venons de décrire

de continuité des liaisons visibles diminue. Les satins sont dits, dans ce cas, à *effet de trame ;* si, au contraire, les rôles sont renversés, c'est-à-dire si le mouvement

TISSAGE.

des lisses était tel, que celles qui levaient restassent baissées et *vice versâ*, on aurait un satin à effet de chaîne.

Toutes les variétés de croisements ou d'armures obtenus par des lisses seulement, peuvent être ramenées aux quatre fondamentales que nous venons de décrire. Nous devons cependant dire quelques mots des effets divers qu'on parvient à réaliser en variant le remettage. Dans celui qui a été donné, on se borne à passer successivement les fils les uns après les autres dans les lisses, suivant l'ordre de leur position, en commençant à gauche de l'ouvrier, par celle qui s'en trouve la plus éloignée, et en finissant par celle qui en est la plus rapprochée : c'est ce qui lui a fait donner le nom de *remettage suivi*. On sait qu'après une course, on recommence de nouveau par la première lisse, et on continue dans le même ordre que précédemment.

Remettage suivi à retour. Au lieu de suivre la marche que nous venons d'expliquer, on peut faire le remettage dans un ordre différent, soient 1, 2, 3, 4, les lisses d'une armure ou d'une remise; *fff*, les fils à remettre; après avoir passé ceux-ci successivement dans les lisses 1, 2, 3, 4, au lieu de recommencer la seconde course par celle 1, comme pour le précédent, on la recommence, au contraire, par celle 3, puis celle 2, pour revenir à la première. C'est de cette marche rétrograde régulière qu'est venu le nom de remettage *suivi à retour;* par cette modification on peut obtenir de petits dessins à *chevrons*. Le mode d'opérer varie surtout pour les fils destinés à former des tissus façonnés, lorsqu'on a des dessins compliqués à produire.

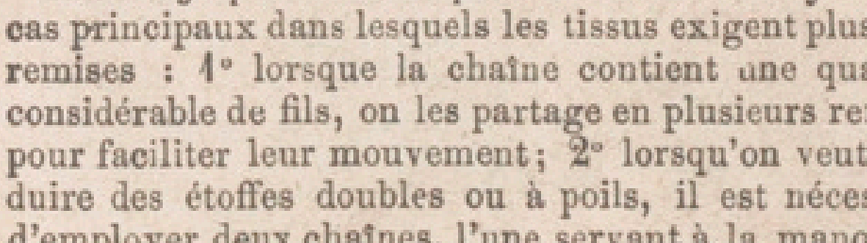
Remettage interrompu. Souvent le passage des fils ne peut avoir lieu qu'irrégulièrement de manière que les quantités pour chaque lisse varient. Tous les remettages de ce genre sont des *remettages interrompus*.

Dans les armures que nous venons de décrire, les lisses sont destinées à concourir à la production d'un même effet; elles se meuvent dans un ordre déterminé qui est constamment répété. Il n'en est pas toujours ainsi.

Remettage par deux ou plusieurs remises. Il y a trois cas principaux dans lesquels les tissus exigent plusieurs remises : 1° lorsque la chaîne contient une quantité considérable de fils, on les partage en plusieurs remises pour faciliter leur mouvement; 2° lorsqu'on veut produire des étoffes doubles ou à poils, il est nécessaire d'employer deux chaînes, l'une servant à la manœuvre des fils de fond, et l'autre à celle des fils de la seconde ou du poil; 3° lorsqu'un dessin présente certains effets compliqués, chaque remise en produit une partie. Ce remettage a été désigné sous le nom de *remettage* sur *deux* ou plusieurs *remises*. Lorsqu'il a lieu par parties avec des maillons, on l'appelle *remettage à plusieurs corps*.

La description des moyens employés pour produire es etoffes velues ou à poils dont les velours offrent de si beaux échantillons, nous fournira un des exemples es plus simples d'un remettage sur deux remises.

Opérations préliminaires des tissus du deuxième genre de la première classe. Les tissus de velours les plus simples sont formés par la superposition de deux chaînes entrelacées l'une dans l'autre : celle inférieure sert à composer le fond ou corps du tissu; la supérieure est

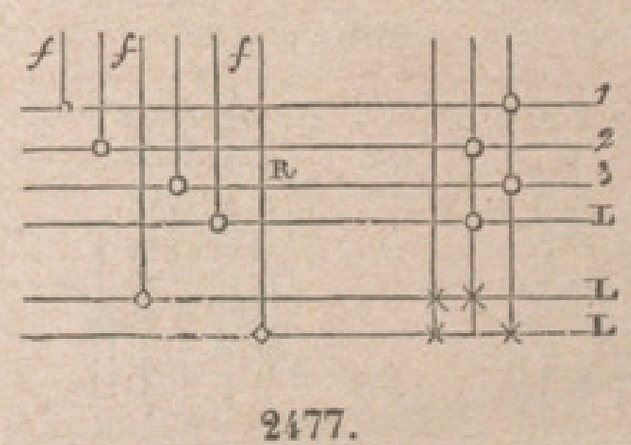


2475.

destinée à former le poil de l'étoffe. La fig. 2475 donne une coupe faite dans l'épaisseur d'un tissu de velours pour faire saisir plus clairement les fonctions de chaque système de fils; *a a*, représentent la chaîne; les petits cercles *c*, indiquent la trame dans la partie tissée; *b*, les fils de la seconde chaîne destinée à former le poil ou la peluche, et qui se rencontrent avec celle du fond à l'angle *e*. Le tisserand place dans cet angle une baguette en cuivre B ou *fer*, qui occupe toute la largeur de l'étoffe; elle est par conséquent disposée au-dessous des fils de la peluche et au-dessus de la chaîne du fond. Un des côtés de ce fer est aplati, l'autre a une rainure sur toute sa longueur. L'ouvrier est muni d'au moins deux de ces baguettes placées et retirées successivement dans les boucles, à mesure qu'on les exécute. Il est nécessaire de ne pas enlever les deux à la fois pour que ces boucles ne puissent se défiler. Lorsque le velours doit présenter une surface à poil, on coupe avec un petit couteau ou *rabot* spécial le sommet des boucles *d d* (fig. 2476) avant de retirer

2476.

la baguette. Lorsqu'au contraire on veut produire ce qu'on nomme des *velours épinglés ou frisés*, on ôte la baguette et la boucle reste formée, comme on le voit en B B (fig. 2476). Les détails succincts que nous venons de donner sur la constitution des tissus de velours doivent faire comprendre la nécessité d'opérer sur deux chaînes de différentes longueurs. En effet, la première n'a besoin que de la longueur que l'on veut donner à l'étoffe, mais la seconde doit être assez longue pour former l'étendue des boucles. Ce nombre est connu dans chaque cas particulier, la hauteur des baguettes étant également déterminée. Ce produit du nombre des boucles, par leur développement autour d'une baguette, donnera la longueur totale de la chaîne nécessaire à la formation de la peluche. On conçoit qu'elle sera variable avec la hauteur et le nombre de ces fers, qui sont en général proportionnels à la beauté de l'effet que l'on veut obtenir; il n'est pas rare de voir des velours ayant vingt-cinq boucles par centimètre. Le rapport le plus généralement établi entre la longueur de deux chaînes, pour un velours de bonne qualité, est de un à six, c'est-à-dire que la chaîne supérieure a six fois la longueur de celle inférieure.



2477.

La fig. 2477 indique à gauche le remettage, et à droite l'armure; cet exemple présente le cas d'un coup de fer contre quatre coups de fond; très souvent on diminue le nombre de ces derniers avec la force du velours. La figure donne la disposition des remises dans lesquelles passent les chaînes *f f'*, venant des deux ensouples *c c'*, pour être tissées en B où l'on a simulé l'étoffe formée. Elle montre que la course du remettage se compose de deux fils de la chaîne du fond passés dans les lisses L L' pendant que ceux de la chaîne de la peluche s'engagent dans les lisses 1, 2, 3, 4 de la seconde remise.

Ce que nous venons de dire est surtout applicable

au tissage des velours de soie. Celui des velours de coton diffère du précédent par la direction qu'on donne à la partie veloutée; au lieu d'être formée, en coupant les fils de la chaîne supérieure dans le sens de la trame, et par conséquent perpendiculairement à leur direction, elle l'est au contraire par la section longitudinale dans le sens de la chaîne, qui a été tissée simple ou double sans l'insertion des baguettes, comme nous le verrons plus loin.

Le coupage, au lieu d'être fait pendant le tissage même, est exécuté après sur la pièce entière. En France, il est encore pratiqué à la main; en Angleterre, on est parvenu à le faire à la mécanique. ce qui donne avec économie d'excellents résultats.

Opérations préliminaires des tissus du troisième genre de la première classe. — Étoffes de gazes ou à jours, de fils mixtilignes.

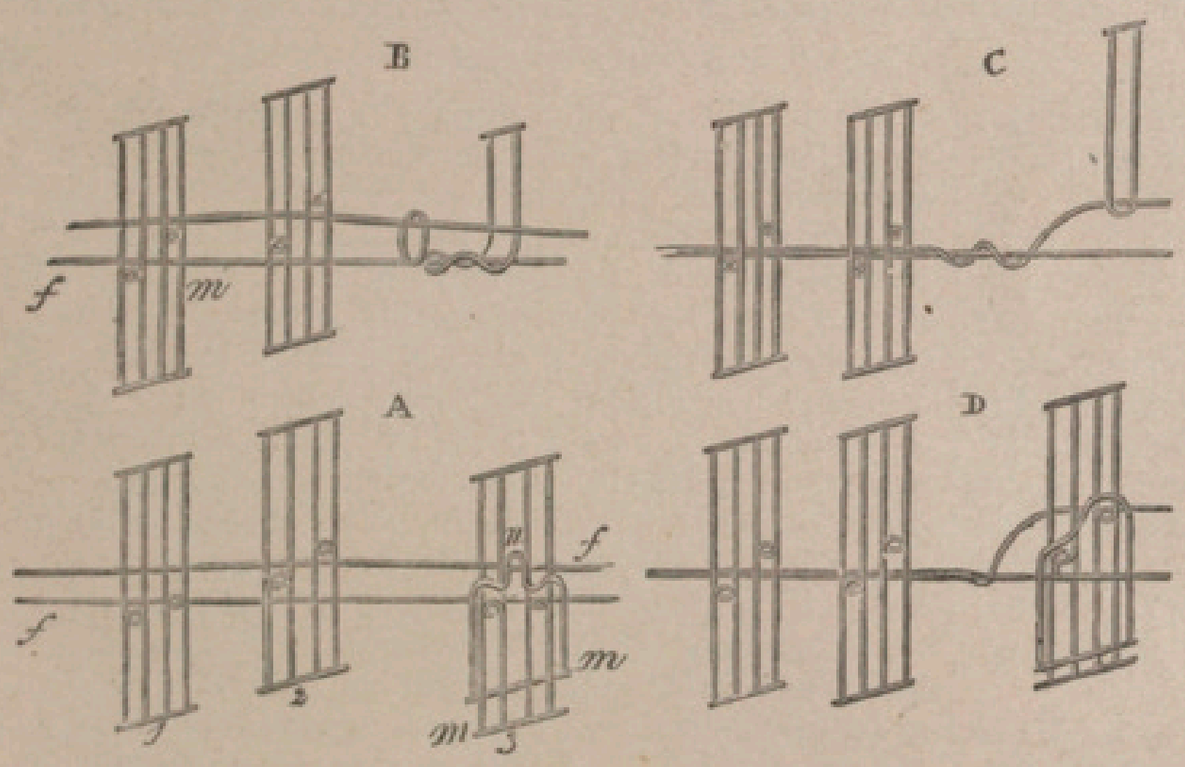
Nous allons indiquer en quelques mots les principes du remettage et des armures de gazes avant de passer aux opérations préliminaires que nécessitent les étoffes façonnées.

Les tissus à jours sont formés par l'entrelacement d'une chaîne et d'une trame comme tous ceux que nous avons examinés jusqu'ici, avec cette différence qu'ils présentent des espacements de grandeurs marquées et égales entre les deux systèmes de fils qui proviennent du

2478.

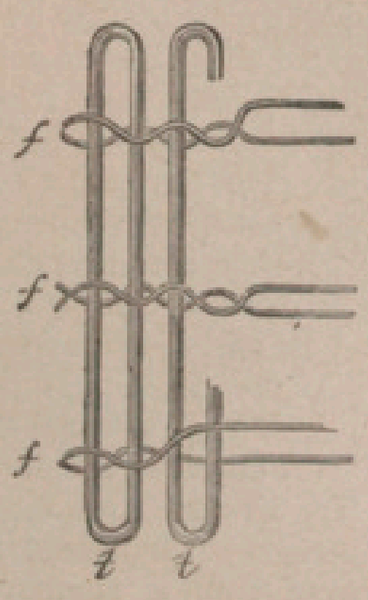
2479.

2480.



2481.

vide réservé entre eux lors de l'ourdissage. Les figures 2478, 2479 et 2483 sont une configuration de la disposition relative des fils grossie pour mieux faire saisir leur mode d'entrelacement. On voit qu'une de leurs parties suit la direction rectiligne, que les autres enveloppent les premiers en faisant une certaine révolution autour d'eux. Les fils *t* sont droits et ceux *f* sont contournés autour d'eux. Ce mode d'entrelacement est convenable pour maintenir parfaitement les vides réservés par



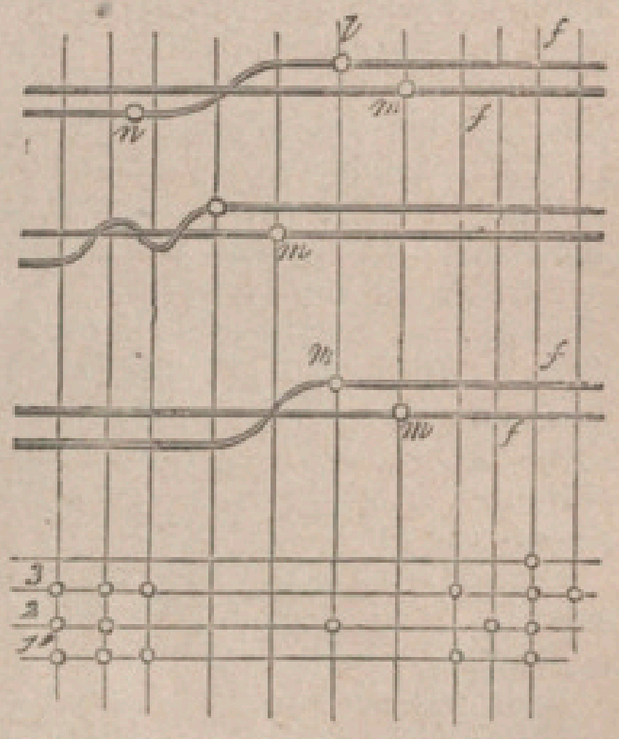
2483

l'ourdissage. Pour que cet effet puisse être produit, il faut nécessairement que ceux qui doivent tourner autour des autres soient moins tendus qu'eux et que le remettage en soit fait d'une manière particulière. Il faut de plus qu'ils soient disposés sur un ensouple séparé. Les fils rectilignes des étoffes de gazes conservent le nom de *fils droits ou fixes*. Ceux de révolution sont nommés *fils de tours* ou *tours anglais*. Chacun d'eux, au lieu de se lever et de se baisser alternativement, comme cela a lieu pour les tissus ordinaires, ne peut se mouvoir que dans un sens. Celui fixe est toujours baissé et celui de tour au contraire est toujours levé. Le mouvement de ce dernier n'est effectué que de deux en deux coups de trame. Pour qu'ils produisent les révolutions que nous venons de décrire, il faut des dispositions de remettage et de lisses particulières. Les fig. 2480 et 2481 montrent ces dispositions.

Les fils passent en même temps dans deux lisses ordinaires 1 et 2, dont la première se nomme *lisse fixe*, parce qu'elle reçoit le fil droit, et la seconde *lisse de correspondance*, parce qu'elle sert comme intermédiaire à établir le croisement *avec une lisse anglaise à culotte*. Celle-ci est composée de la réunion de deux lisses entières et d'une demie. La première *m*, en est une à coulisse qui ne se lève pas, et qui reçoit par conséquent également le fil fixe; la seconde *m'* est une maille à coulisse qui se lève au contraire à un intervalle de deux coups de trame. Les deux se trouvent réunies par une demie *r*, qui est comme à cheval sur elles. C'est cette dernière qui reçoit le fil de tour après son passage dans la première à coulisse et qui, pour traverser la demi-maille, est obligée de passer sous le fil fixe.

Tissus façonnés. Nous savons que par l'emploi des lisses il est impossible d'arriver à des effets très variés

2482.



sans une grande complication dans le montage du métier, une perte de force et de nombreuses chances d'erreurs. En effet, comme nous l'avons vu, les dessins que l'on peut obtenir par l'entremise des lames, sont bornés aux figures qui seraient formées par des lignes droites de longueurs assez sensibles. Ces moyens deviennent donc insuffisants lorsqu'il s'agit de reproduire, par le tissage, les ornements les plus délicats, d'imiter les gravures en taille-douce ou l'impression la plus parfaite. Aujourd'hui, cependant, nous retrouvons à chaque pas des preuves qui indiquent que la solution de ces problèmes n'offre plus aucune difficulté et peut à peine exciter notre curiosité. Il n'en était pas de même lorsque, à l'exposition de 1825, l'habile professeur de l'École de la Martinière, M. Maisiat, vint démontrer les immenses ressources que pouvait offrir le métier à la

TISSAGE.

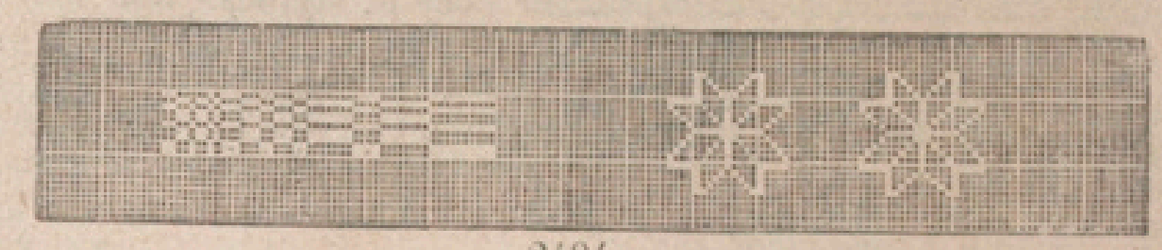
Jacquart, en exposant le testament de Louis XVI encadré de magnifiques ornements. Tout le monde admira alors la parfaite exécution de ce véritable chef-d'œuvre. Depuis, chacune de nos expositions brilla par de remarquables tissus de ce genre. A celle de 1844, on a vu la belle tête de Jacquart reproduite avec la pureté du burin par les moyens si simples de son invention. Cette découverte a réellement quelque analogie, par sa simplicité et par sa nature, avec celle de l'imprimerie. On commettrait cependant une grave erreur en attribuant à notre époque la connaissance de tous les artifices qu'exige le tissage des étoffes façonnées, car ils sont connus depuis plusieurs siècles, ainsi que nous l'avons déjà constaté : l'industrie contemporaine a simplifié les moyens, grâce à la diffusion des connaissances mécaniques : nous aurons souvent occasion d'appuyer la vérité de ces assertions dans les descriptions qui vont suivre.

Composition des dessins. Les sujets de dessins façonnés sont quelquefois copiés sur des tableaux ou ornements déjà existant sous une forme quelconque ; mais le plus souvent ils sont l'œuvre des dessinateurs spéciaux pour les tissus. Les connaissances qu'exige cette spécialité sont donc plutôt du ressort des beaux-arts que de celui de l'industrie proprement dite ; il ne suffit cependant pas d'être un habile dessinateur pour réussir complétement dans ce travail : il faut encore que l'artiste soit bien pénétré des moyens qui seront employés pour réaliser son œuvre, afin de chercher à rendre cette exécution plus facile, plus économique, et à faire en sorte que l'harmonie des couleurs soit toujours observée. Pour remplir ces conditions et surtout la dernière, le dessinateur doit savoir que le mariage des nuances a lieu au tissage par la liaison de fils qui réfléchissent et absorbent diversement la lumière suivant qu'ils sont plus ou moins tordus ou qu'ils sont employés dans telle ou telle direction.

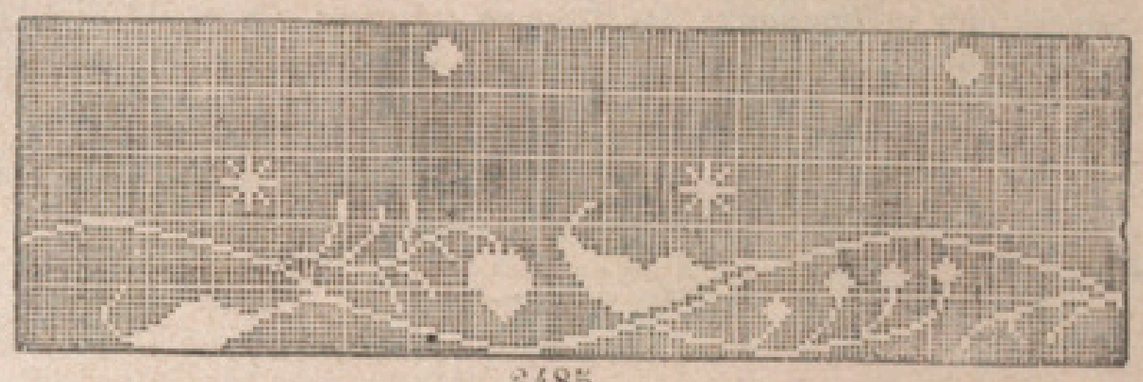
Mise en carte. L'opération de la mise en carte vient immédiatement après la composition ; elle a pour but de retracer sur le papier le dessin à tisser, en indiquant la position de chaque fil de la chaîne et de la trame et l'effet qu'ils devront produire dans l'étoffe. Ceux auxquels on peut arriver par les armures se concevant facilement à priori et les moyens à employer étant simples et limités, ce genre de tissage n'exige par conséquent pas *la mise en carte*.

Ce que nous allons dire concerne donc essentiellement les tissus façonnés, quoiqu'on puisse l'appliquer à tous les genres sans distinction.

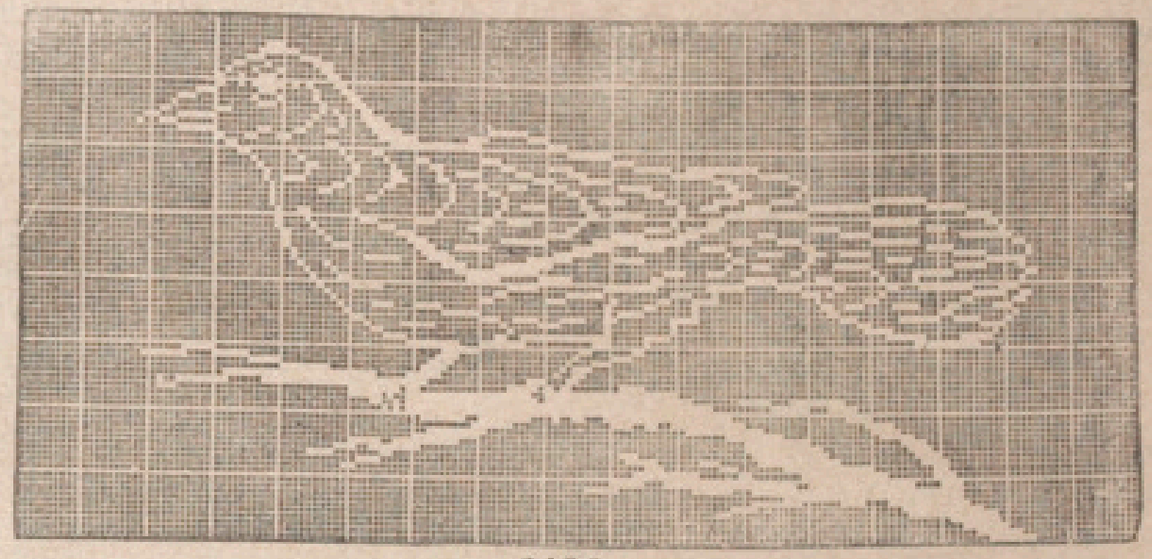
Pour indiquer toutes les positions relatives des fils de la chaîne et de la trame dans le sujet qu'on veut tisser, on le dessine sur un papier quadrillé, de telle sorte que les lignes verticales figurent les fils de la chaîne et les horizontales ceux de la trame. En colorant ensuite le dessin avec les teintes qu'on lui destine, on jugera facilement à l'avance de l'effet qu'offrira l'étoffe fabriquée. C'est ce tracé reproduit sur le papier quadrillé qu'on a désigné sous le nom de *mise en carte*. Le dessin ou l'esquisse étant arrêtée, on divise sa surface en petits carrés qui doivent servir de points de repère pour la transporter sur la mise en carte (1). Le nombre des petits carrés sur l'esquisse doit, par conséquent, être en rapport avec celui des grands du papier quadrillé nécessaire à la mise en carte du dessin. Les fig. 2484, 2485 et 2486 donnent un exemple d'un dessin mis en carte exécuté sur du papier quadrillé nommé du 10 en 10. On voit en effet que chaque carré principal est subdivisé en 10 parties sur chacun de ses côtés ; ce sont les



2484.



2485.



2486.

carrés principaux qu'on avait d'abord tracés sur l'esquisse de grandeur naturelle. Chacun des petits carrés occupe la place d'un fil ; les interlignes de ceux horizontaux représentent les fils de la trame, et les verticaux ceux de la chaîne. La réduction du tissu, c'est-à-dire le rapport entre les nombres des fils de la chaîne et de la trame pour l'unité de mesure, étant déterminée, on comptera donc chaque petite division comme l'un de ces fils et on indiquera sur le papier quadrillé la place de chacun d'eux dans le dessin à exécuter, comme on le voit dans les figures. Il suffit de lui donner une teinte enluminée ou plus foncée pour se rendre compte de la quantité de fils qu'il embrasse. Comme chaque petit carré ne représente qu'un seul fil, et qu'ils occupent toujours un espace bien plus considérable que celui qui leur est réellement nécessaire dans le tissu ou dans le dessin exécuté de grandeur naturelle, il en résulte que la mise en carte exige toujours une surface plus considérable que celle du dessin exécuté. Celle-ci sera à celle de la première comme l'intervalle des carrés est à la distance entre les fils. Si donc la grandeur d'un carré est double de la distance entre les fils du tissu, la mise en carte occupera une place double de celle de la figure à tisser ; ce rapport est généralement plus grand.

Il n'y a rien d'absolu dans la division des papiers quadrillés. On peut les faire établir suivant le besoin et la variation des réductions. Cependant on se sert le plus communément de celui dont chaque division principale forme un carré parfait divisé en 10 autres plus petits. C'est ce qu'on nomme du papier de 10 en 10, et la surface du carré contient par conséquent 100 divisions. Les papiers quadrillés existent dans le commerce en différentes grandeurs, et portent les numéros 1, 2, 3, suivant les réductions. Ceux ayant les plus grands interlignes ser-

(1) L'invention de la mise en carte remonte à 1770 ; elle est attribuée à Revel, peintre d'histoire assez médiocre, qui eut le premier l'idée de reproduire des fleurs sur les étoffes, et qui, après quelques essais, arriva aux moyens pratiqués aujourd'hui pour la mise en carte. L'idée de colorier la mise en carte se présenta bientôt ; on en fit usage dès 1774, et on la doit à Philippe de la Salbe.

vent aux tissus dont les fils sont les plus gros ou les plus espacés.

On distingue ensuite des divisions

de 8 en 5,
de 8 en 6,
de 8 en 20,
de 10 en 12,
de 12 en 25.

Au lieu de diviser le papier en carrés parfaits, on le divise aussi en rectangles. Les nombres ci-dessus indiquent le rapport des côtés. Comme on emploie autant que possible les papiers réglés en correspondance avec les réductions en trame et en chaîne, si l'unité de surface, le centimètre carré par exemple, renferme autant de duites que de fils de chaîne, il est clair qu'il faudra se servir de papier dont le nombre de carrés de la base sera égal à celui de la hauteur, afin de représenter plus fidèlement la configuration des fils tels qu'ils seront disposés dans le tissu; si les réductions varient, il faudra choisir un numéro et des divisions le plus possible en rapport avec cette variation.

Il est de convention d'énoncer toujours en premier les nombres des fils de la chaîne; la désignation d'un papier de 8 en 10, indiquera donc que le rapport des fils de la chaîne à ceux de la trame sera :: 8 : 10 et ainsi de suite. Le papier réglé en petits carrés n'est pas le seul employé pour la mise en carte. On se sert assez souvent, surtout pour la fabrication des châles, de papier briqueté. Les divisions, au lieu de représenter des carrés parfaits, sont des rectangles offrant la figure de petites briques, disposées comme elles le sont ordinairement dans la maçonnerie, c'est-à-dire joints sur plein et *vice versâ*. Cette modification du papier de mise en carte permet de lier deux fils à la fois, d'économiser par conséquent la moitié du lisage et d'apporter par suite une économie proportionnelle dans le montage du métier. Nous reviendrons sur cette méthode imaginée par M. Eck en 1823.

La mise en carte ne servant que comme moyen intermédiaire pour le tissage du dessin, et pour désigner d'une manière exacte et détaillée les points où les fils de la chaîne ou de la trame doivent être vus ou cachés; ou, en d'autres termes, pour indiquer tous les contours que ces fils doivent déterminer dans leur entrelacement, il s'agit maintenant de démontrer comment on parvient à résoudre le problème posé, c'est-à-dire comment on réalise ce que demande la mise en carte.

Remarquons d'abord que tous les points foncés ou noirs marquent des points où les fils de la chaîne doivent être apparents, tandis que tous les autres qui présentent une nuance plus claire désignent la trame. Il faut donc que tous les fils de la trame qui correspondent aux points noirs, soient recouverts par la chaîne, et que celle-ci soit cachée par les fils de la trame apparents. Il faut par conséquent que dans le premier cas ceux de la chaîne soient baissés ou restent immobiles pour se laisser recouvrir par la duite en cet endroit, tandis que dans le second ils doivent être soulevés pour laisser passer la duite au-dessous d'eux; le travail se borne d'après cela à faire mouvoir ces différents fils aux places déterminées par la mise en carte. Quant au mouvement de la trame, il reste toujours le même; la duite passe à chaque course dans toute la largeur de l'étoffe. Les effets variés qu'elle produit ne proviennent que du plus ou moins grand nombre de fils dessus ou dessous lesquels elle passe. Seulement lorsqu'il s'agit de tramer en diverses couleurs, on emploie autant de *canettes* qu'il faut de nuances, en ayant soin de bien observer leur ordre tel qu'il a été indiqué par la lecture du dessin.

Pour pouvoir faire agir à volonté d'une manière indépendante tous les fils de la chaîne, chacun d'eux est fixé à une aiguille verticale (nous verrons dans la description des métiers à tisser comment cette communication est effectuée). Chacune de ces aiguilles a par conséquent son petit carré correspondant sur la mise en carte; en levant, pour fournir le passage à la duite, toutes celles dont les places indiquent que les fils de la chaîne doivent être apparents seront soulevées avec ceux qui y sont fixés, et il est évident que l'effet sera obtenu puisque celles qui n'auront pas été levées, se laisseront recouvrir par la trame.

Mais on conçoit que s'il fallait opérer en manœuvrant chaque fil à la main, le travail deviendrait long, compliqué, coûteux et sujet à bien des erreurs; aussi a-t-on trouvé depuis bien longtemps des moyens plus sûrs et surtout plus économiques. Ils ont été graduellement perfectionnés. Nous n'indiquerons pour le moment que le principe sur lequel est basé celui qui est exclusivement employé aujourd'hui et qui constitue l'élément principal de l'invention de Jacquart. Il consiste dans une bande de carton sur laquelle sont marquées toutes les places des aiguilles qui portent les fils de la chaîne; cette bande est percée de petits trous en tous les points où ils doivent rester immobiles, tandis qu'on laisse le carton intact aux points où il s'agit soit de les soulever, soit de les abaisser, pour laisser voir ceux de la trame. On perce ainsi pour chaque duite autant de bandes de cartons qu'il y a de couleurs dans cette duite. L'ensemble de cartons d'une duite est désigné sous le nom de *passée*, parce qu'ils sont en effet les mobiles des fils qui ont reçu ce nom. Si maintenant on présente une bande de carton ainsi préparée au-dessus des aiguilles de la chaîne, il s'ensuivra que celles correspondant aux petits trous les traverseront et resteront dans leurs positions, tandis que celles qui rencontreront des parties pleines seront repoussées par le plus léger effort et feront par conséquent dévier les fils qu'elles portent. La course de la trame ne variant pas dans sa direction rectiligne horizontale, les recouvrira nécessairement, et on obtiendra de cette façon une ligne du dessin, celle tracée sur une rangée des petits carreaux pour une couleur; si donc on a autant de bandes de cartons semblables qu'il y a de rangées de petits carrés et de couleurs dans le dessin, et qu'on les présente successivement aux aiguilles dans l'ordre indiqué par la mise en carte, on exécutera tout le dessin de la même manière. Chaque carton est, pour ainsi dire, la matrice nécessaire pour former la partie du dessin comprise dans la largeur d'une duite.

Les choses ne se passent pas tout à fait ainsi dans le métier à la Jacquart. Les communications de mouvements entre les cartons et les aiguilles sont mieux appropriées, comme nous le verrons lorsque nous décrirons la machine; nous ne voulons ici que bien faire saisir le but de cette ingénieuse invention.

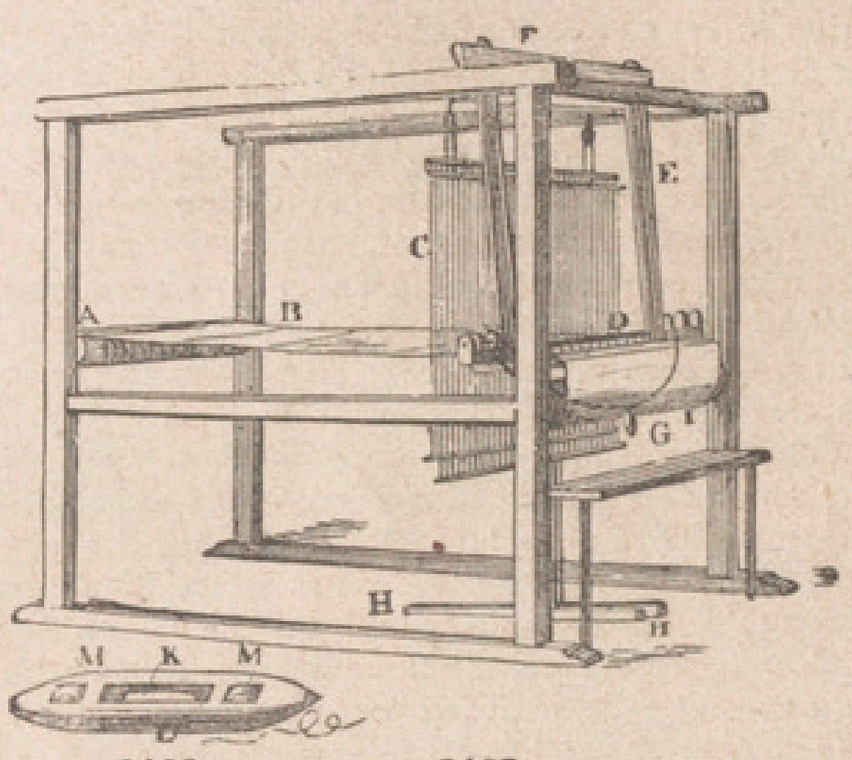
L'opération du percement des cartons dans l'ordre exigé par la mise en carte est nommée *lisage*. Lorsque le dessin est lu, on procède au montage du métier qui doit exécuter le tissu; c'est-à-dire qu'on dispose la chaîne sur l'ensouple du derrière; on la déroule ensuite pour exécuter le remettage des fils, l'assemblage des lisses ou des maillons avec les parties qui doivent les faire mouvoir, la distribution des fils entre les dents du peigne du battant, pour aller enfin la fixer au cylindre ensouple du devant. L'exécution de ce travail est fort délicate et demande une connaissance parfaite de tous les organes du métier, lorsqu'il s'agit de le préparer pour tisser des étoffes façonnées; nous avons par conséquent réservé ce sujet pour ne le traiter qu'après avoir décrit les différents métiers à tisser.

Description des métiers à tisser. Un métier à tisser se compose toujours de parties mobiles ou organes exécutant le travail, et de parties fixes qui servent de points d'appui ou de bâti aux premières.

La fig. 2487 représente en perspective un métier à

TISSAGE.

tisser reduit à sa plus simple expression et à peu près semblable à ceux qui sont connus depuis les temps les plus reculés, et qui sont encore usités pour le tissage à la main. La partie immobile se compose d'un bâti rectangulaire dont les montants réunis forment un ensemble solidaire ajusté à angles droits de manière à pouvoir résister aux ébranlements. Il supporte les pièces mobiles qui se composent : 1° du cylindre ou ensouple du derrière A, recevant la chaîne; 2° des lisses CC en plus ou moins grand nombre, la figure n'en offre que deux; 3° des leviers ou marches H H qui font manœuvrer ces lisses, par l'entremise des cordes attachées à leurs extrémités inférieures et par d'autres, qui les réunissent à leurs extrémités supérieures en passant sur des poulies; 4° du *rot* ou *peigne* E, placé au bout d'un levier vertical qui peut prendre un mouvement autour de l'axe F; c'est l'ensemble de ce système qui porte le nom de *battant;* 5° de la *poitrinière* D en bois sur laquelle passe l'étoffe tissée; 6° du cylindre ou ensouple du devant G sur lequel la chaîne tissée et tendue vient s'enrouler par un cliquet.



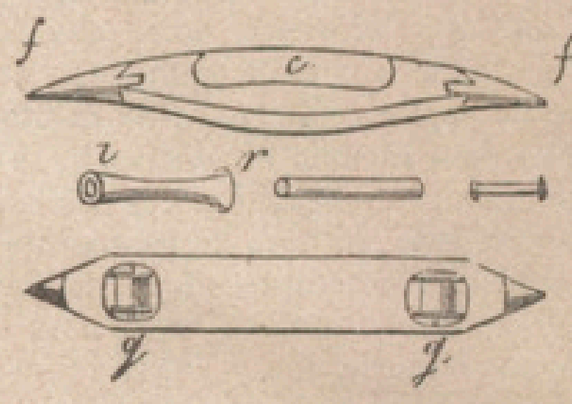
2488. 2487.

Nous revenons sur ce métier si simple et si connu en quelques mots qui suffiront pour en faire connaître les fonctions. La chaîne fixée dans les deux lisses et passant entre les dents du peigne ou battant, étant convenablement tendue sur les deux ensouples par l'un des moyens de tension que nous examinerons, et les deux marches H H restant dans le même plan, tous les fils de la chaîne seront parallèles entre eux et formeront une ligne à peu près horizontale de D en A. Le peigne E occupe alors une position verticale au lieu de la direction inclinée qu'on remarque dans la fig. 2487.

Pour commencer à tisser, l'ouvrier se place en avant du cylindre G sur un banc disposé à cet effet et que l'on voit par la figure. Il pose un pied sur l'une des marches, sur H par exemple; elle descend alors, fait baisser la lisse C avec tous les fils qu'elle porte pendant que la marche H' monte avec tous les siens Ils forment en conséquence un parallélogramme; c'est dans l'angle que l'on fait passer la navette contenant la trame. A chaque passage, elle fournit une duite de la largeur de la chaîne; une duite étant chassée, l'ouvrier fait mouvoir le peigne E avec une certaine force, de façon à bien égaliser la duite, et à la serrer suffisamment au sommet de l'angle. Ce mouvement exécuté, il le recommence avec le levier H' et les parties correspondantes. La chaîne reprend encore les mêmes positions dans l'espace que précédemment, avec la seule différence que les fils qui composaient dans le premier mouvement les côtés inférieurs du parallélogramme, en forment maintenant les supérieurs et *vice versâ*, de manière que la duite est incorporée entre eux, absolument comme les règles d'enverjures, et forme avec ceux de la chaîne un corps très intimement lié; on chasse une seconde duite dans le nouvel angle formé, et on la serre de nouveau comme la première fois, et ainsi de suite pendant tout le travail. Comme le fil de la trame ainsi logé forme des sinuosités dessus et dessous ceux de la chaîne, il tend toujours à rétrécir la largeur de celle-ci; pour limiter ce rétrécissement et conserver une dimension régulière à l'étoffe, on place à plat une règle ou *temple*, fixée de chaque côté dans la lisière au moyen de pointes. A mesure qu'une certaine quantité est tissée, on l'enroule sur le cylindre G qui porte une petite roue à rochets.

De la navette. Pour chasser la trame on se sert d'une des navettes, représentées fig. 2488, 2489 et 2490. Une cavité ou *chase* reçoit la canette qui repose sur son axe *r* dont les deux extrémités forment tourillons. Lorsqu'on chasse la navette, son mouvement fait dérouler le fil d'une duite à travers un trou pratiqué

2489.



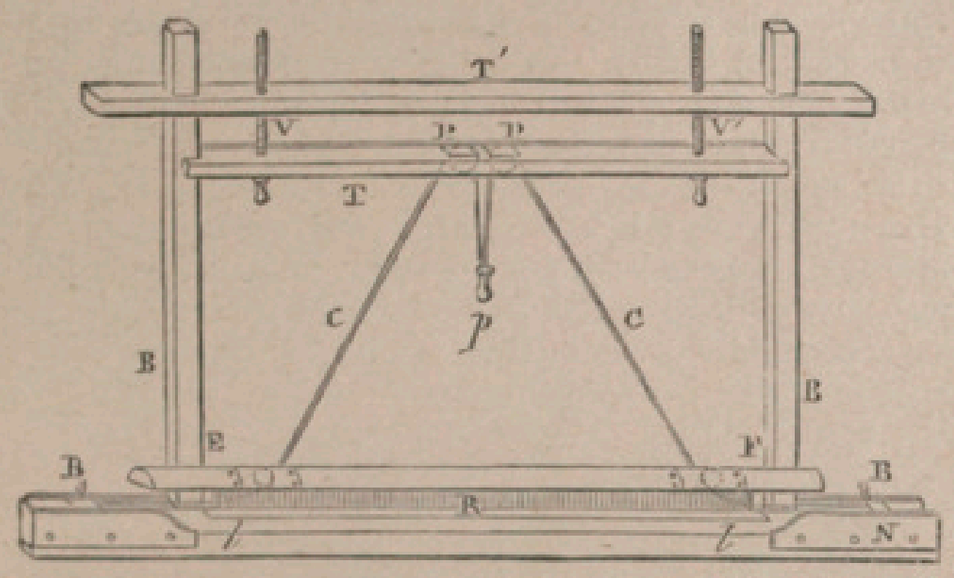
2490.

dans l'épaisseur de l'outil. Comme les navettes doivent passer le plus rapidement possible, on les fait en bois dur et sec, et pour augmenter la solidité, on en ferre les deux extrémités; afin qu'il y ait moins de frottement contre les fils, on diminue les surfaces frottantes en leur donnant une certaine courbure; souvent aussi on munit leur partie inférieure de galets comme on le voit en *g* (fig. 2490).

Le poids de la navette et le volume de la chasse doivent être proportionnels à la largeur de l'étoffe à produire. La première condition est nécessaire pour que le mouvement, qui est uniformément retardé par le frottement, soit moins irrégulier; la seconde est exigée pour qu'elle porte le plus de fil possible, et pour diminuer la perte de temps nécessaire à son remplacement. L'axe de la canette qui reçoit la trame n'a pas toujours la même forme. Pour les matières ordinaires, on emploie généralement celle indiquée. Elle se compose de deux cônes renversés montés sur un axe placé dans la chasse. Cette disposition permet au fil de se dévider régulièrement sans s'enmêler. Mais on voit que ce mouvement du fil varie non seulement avec la vitesse de la navette, mais encore avec la circonférence de la canette qui va en diminuant à mesure que le dévidage avance; pour obvier à ces causes d'irrégularités, on emploie plus fréquemment pour les matières délicates la canette dite à dérouler. L'axe est fixé d'un côté au moyen d'une fourche *g*, et de l'autre, il est arrêté par une goupille qui le maintient immobile. Il porte deux petites branches ou ressorts en baleine, qui pressent sur le fil à mesure qu'il se déroule. Ce petit système de l'axe avec ses ressorts porte le nom de *pointizelle*.

Il existe plusieurs autres espèces de navettes. A toutes, il faut chercher à faire remplir les conditions suivantes : 1° Elles doivent avoir un mouvement aussi régulier que possible pendant toute leur course; 2° la longueur du fil fournie par chacune doit être la

même ; 3° le dévidage doit se faire très uniformément sans mêler la trame. Tantôt l'impulsion de la navette a lieu directement à la main, et ce cas est le plus rare; l'ouvrier la chasse alors d'une main et la reçoit de l'autre, avec laquelle il la renvoie ensuite de même; tantôt, et presque toujours, la navette est attachée à l'extrémité d'une petite corde qui passe sur une poulie de renvoi fixée au battant et dont l'autre extrémité est garnie d'une poignée *p* (fig. 2491) que l'ouvrier manœuvre pour donner un coup de trame. Cette disposition est connue sous le nom de *navette volante*.



2491.

Du battant. La fig. 2491 donne l'ensemble d'un battant garni d'une navette et disposé pour fonctionner. C'est un des plus simples et des plus généralement employés pour les étoffes légères, telles que les cotonnades, les gazes, les batistes, etc. La pièce inférieure ou masse N doit être la partie la plus lourde, on peut faire varier son poids; elle porte en saillie et en avant les boîtes B B qui renferment la navette à laquelle le mouvement est imprimé par le *chasse-navette*. Cette pièce appelée *taquet* ou *rat* a deux saillies *s s* qui glissent entre deux rainures pratiquées dans la boîte. Quand la corde *c* la fait mouvoir son étrier *e* chasse la navette; le fond des boîtes et le seuil *ll'* sont de niveau pour qu'elle puisse être lancée sans obstacle.

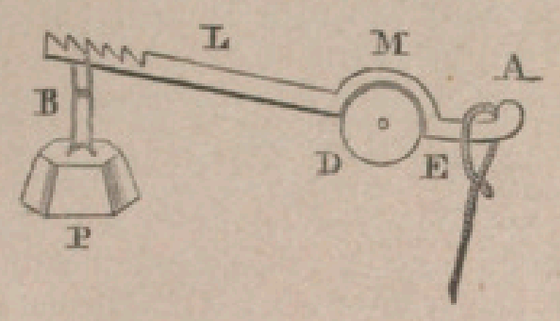
C'est dans la masse N d'un côté et dans la poignée E F de l'autre que se trouve assemblé le peigne formé par une réunion de lames métalliques ou de roseau (c'est de ce dernier que lui vient le nom de *rot*). Cette partie inférieure du battant est réunie aux montants verticaux B B qu'on fait aussi longs que le métier le comporte pour avoir un levier d'une puissance aussi grande que possible. Ils soutiennent les deux traverses horizontales T T' parallèles entre elles : la première porte les poulies, les cordes des navettes et les vis V V' qui traversent la seconde T'; celle-ci fait fonction d'écrou lorsqu'on fait monter ou descendre les pièces verticales B' B' du battant, de manière à faire varier les bras du levier suivant qu'on doit frapper avec plus ou moins de volée.

Des cylindres ensouples. Pour compléter l'explication des différentes parties du métier, nous allons revenir sur les cylindres ensouples dont nous n'avons dit que quelques mots. On sait que l'un de ces rouleaux, celui du derrière, reçoit la chaîne et l'autre l'étoffe, et qu'il faut pour exécuter le tissage que la chaîne éprouve une certaine tension variable suivant la nature et le genre du tissu, mais qui doit rester la même pendant toute la durée du tissage d'une étoffe.

On emploie différents moyens pour opérer cette tension, nous allons passer en revue les principaux :

Le valet de frottement représenté fig. 2492 est un des

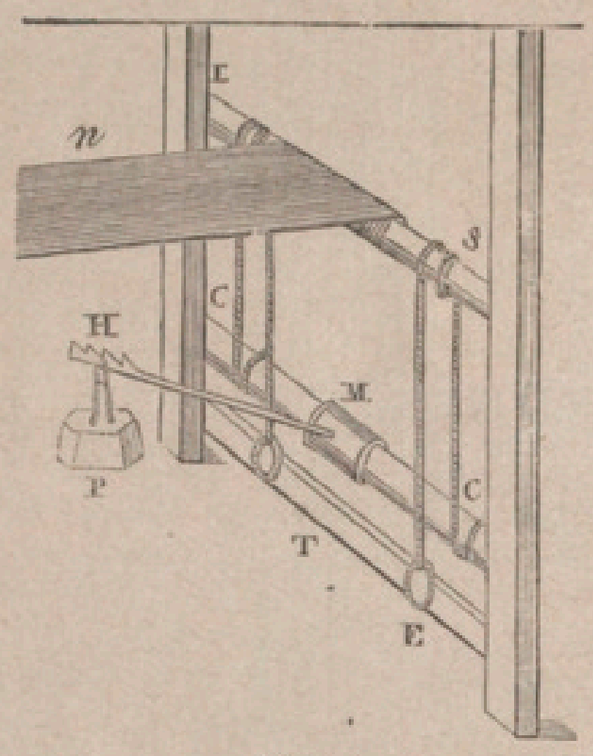
plus anciennement connus; l'ensouple D est embrassé par la courbe frottante M du bras du levier L qui a son point d'appui en A. L'action de la force de tensio peut être modifiée, soit en approchant, soit en écartant



2492.

le poids P qui opère le frottement, soit en le diminuant. Ce système a l'inconvénient d'exiger une charge considérable difficile à manœuvrer.

Un des modes les plus usités pour la soierie surtout est l'emploi de la *bascule à rouleau* représentée fig. 2493;



2493.

sur le bâti du métier est fixé un cylindre de treuil C C qui porte sur la moitié de la longueur un manchon M, percé de plusieurs trous destinés à recevoir une extrémité du bras du levier, l'autre est chargée des poids de tension P; l'ensouple est comme précédemment enveloppée à chaque bout d'une corde dont l'un est fixé à une traverse T du métier et l'autre au cylindre CC'. Lorsqu'on veut faire varier la pression on change le levier de trou, ou l'on fait glisser le poids P sur les crans du levier O. La chaîne *n* se trouve ainsi tendue à volonté sur l'ensouple I J. Il existe encore plusieurs autres modes de tension, comme ils n'offrent rien de particulier et qu'on peut les comprendre au premier coup d'œil, nous nous bornerons à celui que nous venons d'indiquer.

Rouleau du devant. Les moyens que nous venons de décrire ne sont appliqués que sur le cylindre du derrière de la chaîne, il est vrai, mais n'en transmettent pas moins la même tension à la partie tissée.

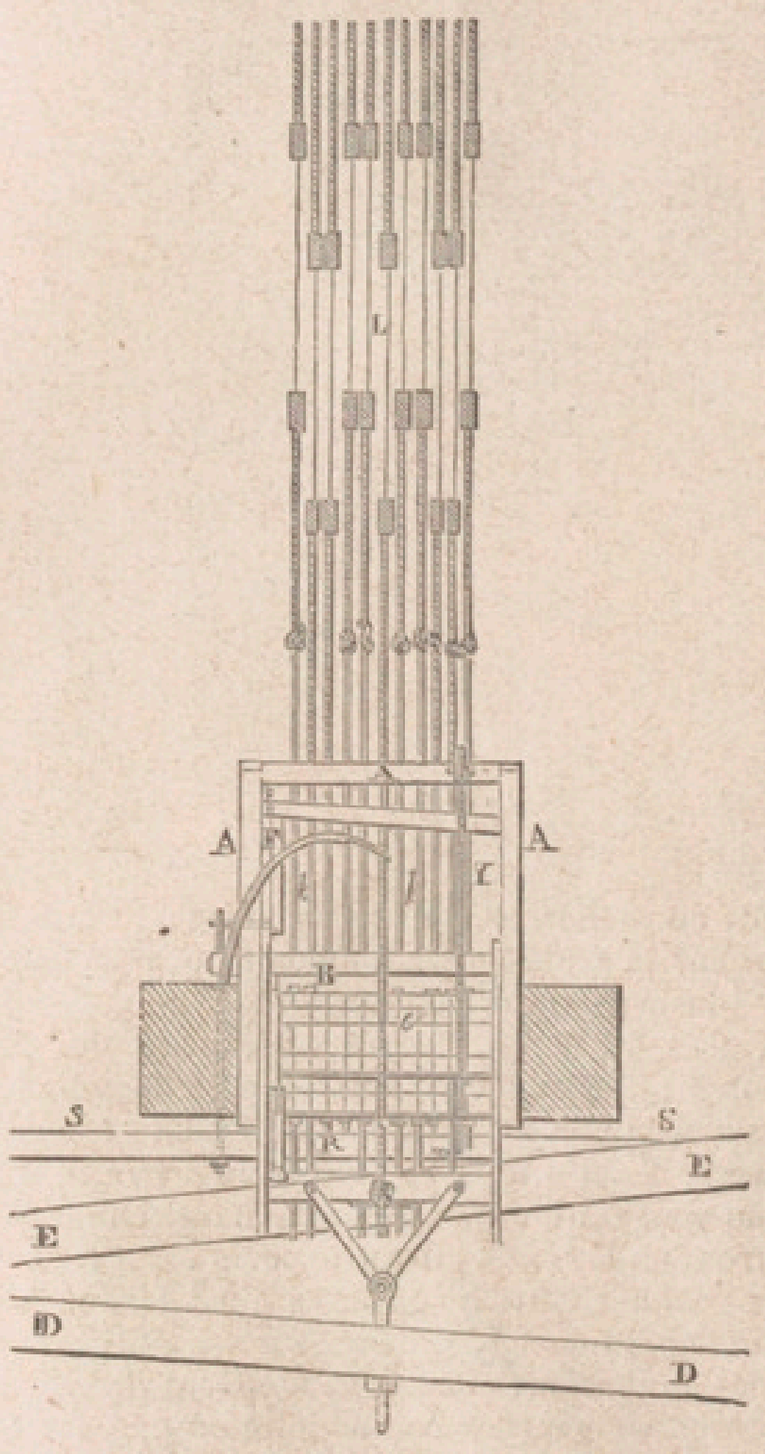
Le rouleau du devant est le point qui reçoit la puissance et celui du derrière celui où agit la résistance. La tension transmise sera par conséquent la même pour tous les points de la chaîne dans un temps déterminé; mais elle varie à mesure qu'on déroule les fils et qu'on les enroule sous forme de tissu. Le diamètre de l'ensouple qui porte la chaîne diminue, tandis que celui sur lequel s'enroule l'étoffe augmente, il y a donc là

une première cause de variation dans la tension. Il en existe une autre encore, c'est l'enroulement intermittent du tissu sur son ensouple. Il ne se fait que lorsque l'ouvrier en a produit une certaine quantité. La distance d'où il frappe avec le battant augmentant, le bras du levier diminue relativement, et si l'impulsion reste la même, le serrage des fils va en s'affaiblissant dans l'intervalle d'un enroulement à l'autre. Cet envidage du tissu se fait généralement au moyen d'un encliquetage ou d'un levier qui entre dans des trous du cylindre que l'ouvrier fait tourner à la main.

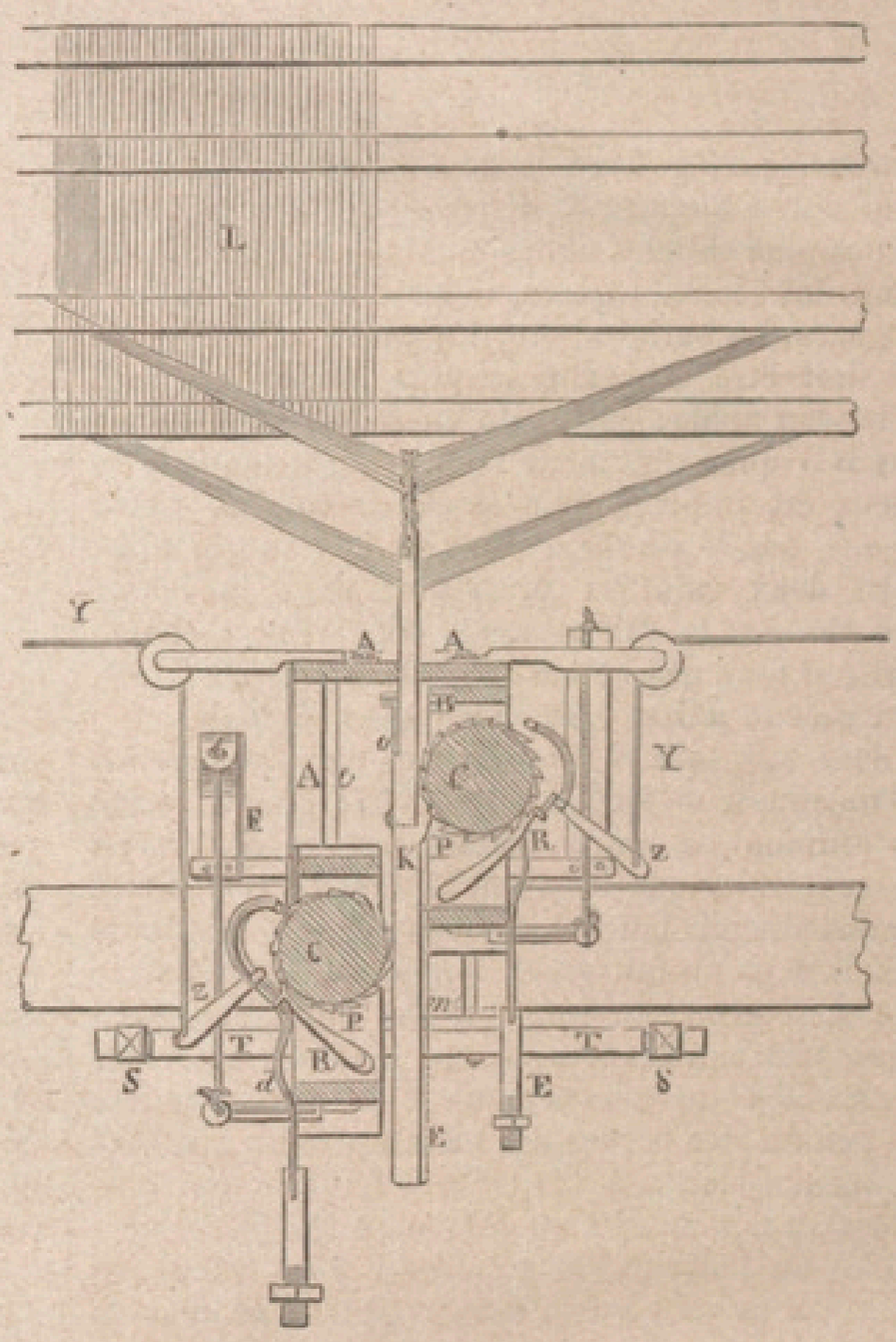
Métier à cylindres multiples. Le métier à double cylindre pour faire mouvoir les lisses peut être considéré comme intermédiaire entre les métiers à marches dont nous venons de parler et ceux à la Jacquart dont nous aurons à nous occuper plus loin. Il en existe plusieurs basés sur le même principe, dus encore à Vaucanson ; mais celui qui nous a paru le plus simple, le plus pratique, et le plus économique, est celui qu'a inventé, en 1844, M. *Pesnel*, ouvrier mécanicien.

Supposons qu'il s'agisse de faire une étoffe qui exige un grand nombre de lisses, 25, par exemple, et que l'armure soit telle que chacune d'elles ait besoin d'être mue alternativement ; dans le système des métiers à marches, il faudrait avoir recours à 25 leviers, contre-leviers et à leurs cordages correspondants. Si pour éviter ces complications, l'usure et l'entretien des cordes, ainsi que les erreurs auxquelles l'ouvrier est exposé, on veut employer le mécanisme de Jacquart, le lisage du dessin, le secours des cartons et le montage du métier, qui en sont la conséquence, deviennent indispensables. Quoique le métier à la Jacquart soit bien répandu, il existe cependant encore des pays où l'on est peu familiarisé avec son emploi, et où l'on recule devant les dépenses qu'il occasionne ; c'est principalement dans les endroits où l'on produit des étoffes façonnées, peu compliquées et avec des matières communes. Il en est ainsi pour les articles façonnés de *Roubaix*, de *Flers*, d'*Alsace*, beaucoup d'espèces de rouenneries et même des étoffes de fantaisie en laine à la fabrication desquelles les métiers à la marche peuvent être employés avec avantage. Le but de celui de Pesnel est de remplacer très favorablement les complications des leviers dans toutes ces circonstances.

Principe du métier. Soit un certain nombre de lisses montées comme à l'ordinaire sur une chaîne ; au lieu d'attacher chacune d'elles à une corde fixée à un levier correspondant, on la lie par sa partie inférieure à une tige ou lame métallique que l'on voit en détail en *k* (fig. 2494 et 2495). Ces lames portent une saillie ou mentonnet *m m*, passent dans une plaque horizontale percée d'autant de trous qu'il y a de tiges. Cette disposition maintient les lisses bien parallèlement dans des plans verticaux ; le mouvement leur est imprimé au moyen d'un cylindre C placé en avant des lames et qui porte des vis dont la tête forme came et vient s'appuyer sur les saillies *m* des tringles qu'elles doivent faire baisser.



2494.



2495.

Il s'agit maintenant d'expliquer comment la position des vis sur le cylindre doit être déterminée, par quel moyen s'effectue son mouvement, et enfin le but des deux cylindres.

Quant à la détermination des places des cames ou vis sur la périphérie du cylindre, il sera facile de comprendre comment on y arrive. Supposons qu'à la place d'un cylindre on ait une plaque verticale portant des divisions verticales et horizontales dont les intersections correspondent aux lames, que cette plaque chemine ver-

TISSAGE.

ticalement et qu'elle présente successivement une de ces divisions aux lisses; dans le premier mouvement correspondant à la première division, elle en fera alors baisser autant qu'on aura implanté de vis sur les intersections; l'ordre de leur mouvement, et par conséquent celui des fils de la chaîne correspondante, se fera suivant la disposition des vis; si la plaque continue à se mouvoir elle abandonnera bientôt les premières lisses, en reprendra de nouvelles selon la disposition des vis sur la seconde division, et ainsi de suite. Dans le métier Pesnel, la plaque verticale est remplacée par un cylindre horizontal. Les choses se passent tout à fait de la même manière, parce qu'on a divisé ce cylindre suivant ses génératrices, et sa base en un égal nombre de parties. La détermination des points que doivent recevoir les petites cames pour produire un effet voulu sur le tissu, dépend de l'opération, que l'on nomme *lisage*, que nous aurons à étudier bientôt en détail.

Transmission de mouvement. Le cylindre C, qui porte les vis, peut tourner dans un châssis en bois A, qui peut lui-même prendre un mouvement de translation de haut en bas et de bas en haut, dans des coulisses pratiquées latéralement dans une boîte, ou petit bâti B fixe établi sous le métier. Le châssis est attaché à un levier ou pédale, destinée à recevoir l'impulsion du pied du tisserand. Le cylindre C porte sur un des côtés de son axe une roue à rochet P, garnie d'autant de doubles dents qu'il y a de divisions au cylindre. Elles sont de deux grandeurs et ont deux directions différentes : la fonction des grandes est réglée de manière à ce que le chemin que chacune d'elles fait décrire au cylindre soit égal à chacune de ces divisions; il y en a par conséquent autant que de ces dernières; les petites sont disposées de façon à engrener avec un rochet, qui empêche le cylindre de revenir sur lui-même pendant sa rotation. La disposition du mécanisme est symétrique; il y a deux cylindres C, un de chaque côté du petit bâti B. Chacun communique à un levier E, de manière à être mis en mouvement alternativement, et à pouvoir commander une double quantité de lisses, ce qui nécessiterait un diamètre double, si l'on n'employait qu'un seul cylindre.

Lorsque l'ouvrier baisse l'une des marches, il fait descendre le châssis correspondant et le cylindre qu'il porte, et qui ne tourne pas alors. Les vis qui y sont fixées pressent sur les saillies des lames K, et les font baisser avec leurs fils; c'est à ce moment que l'ouvrier chasse la trame; il abandonne le premier levier pour agir sur le second. Pendant ce temps, le premier système, cylindre et châssis, remontent de leur propre mouvement par l'entremise du ressort F, auquel le cadre est attaché par une corde *r*; à chaque course la roue à rochet rencontre un arrêt *q* qui la fait tourner d'une dent, de manière à ce qu'elle présente une division, et par conséquent une combinaison de vis nouvelles aux lames K des lisses. Lorsque l'ouvrier remarque un défaut dans son ouvrage et juge nécessaire de le détisser, il fait rétrograder les cylindres; ce qui est exécuté par le moyen d'une corde Y qui agit sur le levier R. Celui-ci peut entrer dans les dents de la roue à rochet, et les faire tourner dans le sens opposé à celui qu'elles prennent lors du travail. La foule de ce métier, c'est-à-dire l'action des fils, ayant lieu en dessous de manière à les faire baisser, le *façonné* se produit par conséquent en dessus, ce qui facilite la surveillance du travail. Tout le mécanisme prend très peu de place, et peut être appliqué à un métier à tisser ordinaire quelconque.

Métiers mécaniques à tisser. Le tissage mécanique a été la conséquence forcée de l'invention des machines à filer, dont la production fut telle, que les moyens ordinaires de tissage devinrent bientôt insuffisants; aussi les premières tentatives du tissage automatique eurent elles lieu en Angleterre, pour le coton, peu de temps après les succès des inventions de Highs, d'Hargrave et d'Arkwrigt. Il est curieux de voir que l'invention des machines à filer fut une conséquence de l'insuffisance du filage à la main, qui ne pouvait produire assez pour alimenter le tissage, et que le tissage mécanique, à son tour, prit naissance pour pouvoir marcher de pair avec le nouveau système de filature. Ce sont là d'ailleurs des résultats très naturels qui pouvaient être prévus à l'avance, et qui se représentent dans mille circonstances analogues. Il est évident pour nous que si la filature automatique eût existé du temps de Vaucanson, le métier qu'il inventa pour tisser mécaniquement les étoffes unies et façonnées, eût eu un véritable succès, car ce célèbre ingénieur, dont toutes les découvertes étaient empreintes du cachet du génie, l'eût bientôt rendu complétement pratique.

Aucune spécialité industrielle ne présente une quantité plus considérable d'inventions ou, pour être plus exact, d'inventeurs. Depuis que l'impulsion a été donnée, chaque jour a vu apparaître un nouveau métier mécanique à tisser, tant en Angleterre qu'en France; et cependant aucun n'a encore complétement réalisé toutes les conditions que doit présenter un métier mécanique parfait; rappelons que ces conditions sont les suivantes :

La chaîne doit être également tendue pendant toute la durée du travail; la trame doit se dérouler uniformément, et être constamment serrée avec la même force; le tissu doit toujours recevoir le choc du battant au même point et avec la même intensité; l'enroulement de l'étoffe fabriquée doit être uniforme, de manière à ce qu'on enroule une quantité égale dans le même temps. Ces conditions doivent être réalisées sans fatiguer les fils; le métier doit pouvoir s'arrêter instantanément et de lui-même, lorsqu'un fil vient à casser; son montage doit être prompt, facile, et les éléments de rechange qui le composent exiger peu d'entretien. Enfin, toutes les parties doivent être calculées de manière à présenter un maximum de résistance avec un minimum de matière.

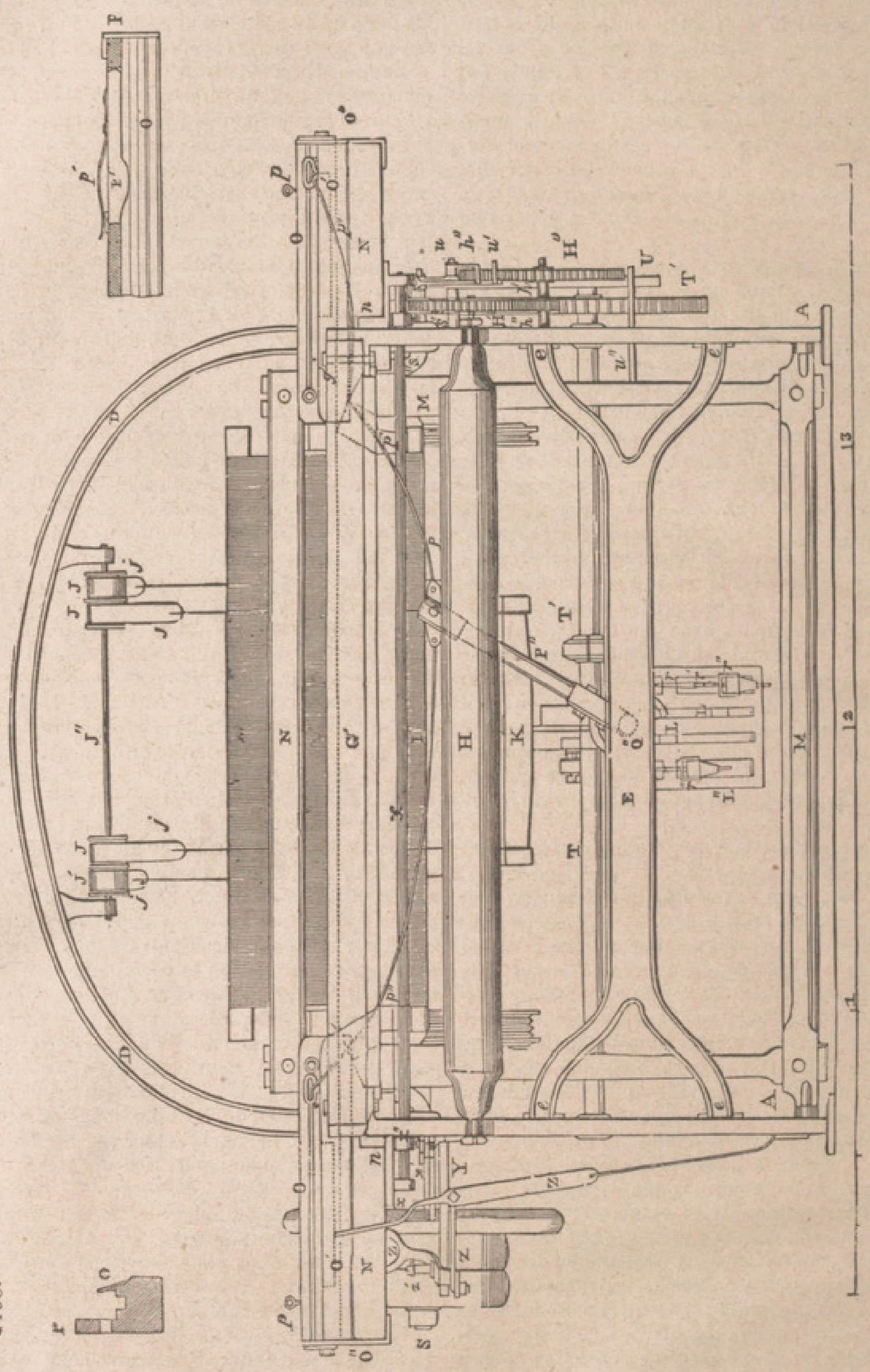
On peut voir par ce succinct énoncé, qui n'est qu'un résumé de la théorie du tissage que nous avons donnée précédemment, que la difficulté de la construction d'un métier ne réside pas dans les moyens d'opérer mécaniquement les différents mouvements. Les progrès de la science offrent, en effet, de nombreux systèmes pour effectuer ces commandes; mais le succès dépend de leur choix, de la combinaison plus ou moins heureuse entre elles, et, en un mot, de la parfaite harmonie entre tous les organes qui constituent la machine. Bien que beaucoup de métiers mécaniques qui ont été proposés n'aient pu être adoptés, le nombre de ceux en usage est encore assez considérable. Sans différer d'une manière sensible entre eux, ils ont quelques particularités qui ont suffi pour les distinguer et les faire breveter. On cite généralement dans l'industrie l'ancien *métier Roberts*, le métier *Heilmann*, le métier *A. Kœchlin et compagnie*, celui de *Stone*, de *Meyer*, de *Decoster*, de *Quemin*, de *Debergue*, etc., etc. Comme il suffit de bien comprendre un seul de ces métiers pour pouvoir se rendre compte de tous les autres, nous nous bornerons à la description de celui de Sharps et Roberts, considéré à juste titre comme fort bien combiné.

Nous décrirons successivement : 1° le bâti; 2° la disposition de la chaîne; 3° le mouvement des lisses; 4° le mouvement du battant; 5° le mouvement de la navette; 6° les communications du mouvement; 7° le mécanisme d'arrêt.

1° *Bâti.* Le bâti, qui est tout en fonte, se compose de deux pans d'une seule pièce ABA'B' tout à fait semblables, et de différentes traverses qui les réunissent. Chacun de ces pans se compose lui-même de deux montants verticaux AA' et BB', de deux traverses horizon-

tales AB, A'B', et d'une traverse oblique et courbe C : le montant AA', qui correspond à la partie antérieure du métier a un prolongement supérieur *a*, et une saillie latérale et antérieure *a'* en forme de crochet relevé qui est destinée à supporter l'ensouple de l'étoffe ; le montant BB', qui correspond à la partie postérieure du métier, a un prolongement supérieur *b* en forme de crémaillère, et une saillie latérale et extérieure *b'* à plusieurs

2497.



2498.

crochets relevés qui est destinée à supporter l'ensouple F de la chaîne ; vers le milieu de la traverse supérieure AB de chaque pan s'élève aussi un prolongement vertical *d d*.

Les traverses de consolidation qui réunissent les deux pans et les deux bouts du bâti sont :

1° La grande courbe en anse de panier D, qui vient se boulonner à droite et à gauche sur les deux prolongements opposés et qui est destinée à supporter les lisses ;

2° La traverse antérieure E, qui présente à chaque bout une fourche *e e* par laquelle elle se boulonne contre les deux montants opposés AA', AA'.

2° *Disposition de la chaîne*. La chaîne est enroulée sur l'ensouple F, dont les deux bouts se trouvent portés sur les crochets *b'* des montants postérieurs du bâti ; de là elle vient passer sur le rouleau en bois G pour s'étendre à peu près horizontalement de l'arrière à l'avant du métier en traversant les lisses et le battant, comme nous le verrons tout à l'heure. L'étoffe se fait en *g''*, et la chaîne, alors munie de sa trame, vient glisser sur la forte traverse en bois G' pour redescendre et s'enrouler

TISSAGE.

sur l'ensouple de l'étoffe H que l'on appelle aussi quelquefois ensouple de travail.

La condition de conserver à la chaîne une tension constante pendant toute la durée du travail, malgré la variation du diamètre du cylindre qui porte la chaîne est une des plus difficiles à satisfaire. On y parvient en chargeant une corde qui passe sur une poulie fixée sur l'ensouple F, de poids, en forme de rondelles, et dont il est facile de varier l'action en en changeant le nombre. Un contre-poids plus faible agit en sens inverse afin de mieux maîtriser l'action du poids de tension. L'ensouple H de l'étoffe est pareille à celle de la chaîne, mais les axes en fer qu'elle porte à ses deux bouts sont retenus par des crochets *h*, afin qu'ils puissent tourner sans se déranger, et l'un d'eux, celui de droite, se prolonge au dehors pour porter la roue dentée H'; un peu au-dessous de cette roue un fort boulon *h*'' servant d'axe à la roue-à-rochet H'' et au petit pignon *h*' qui fait corps avec elle et qui engrène avec la roue H'. Il en résulte que la roue-à-rochet H'', par son mouvement, fait tourner le pignon *h*', puis la roue H', puis l'ensouple H, dans le sens convenable, pour que l'étoffe s'enroule; et il en résulte encore qu'en arrêtant la roue-à-rochet H'', le cliquet *h*'' empêche l'étoffe de se dérouler et par conséquent la chaîne de se détendre.

3° *Mouvement des lisses*. Les lisses ou lames sont composées comme à l'ordinaire; on les voit en I, I pour la lame antérieure, et en I', I' pour la lame postérieure. Les œillets de la première, dans laquelle passe la moitié des fils de la chaîne, les fils pairs, par exemple, sont sur deux rangs, ainsi que les œillets de la seconde, dans laquelle passe l'autre moitié de la chaîne ou les fils impairs : on les met sur deux rangs et dans des plans différents, afin que les fils de la chaîne qui les traversent puissent se rapprocher davantage. Ainsi, les fils pairs étant reçus dans la lame I, I, on fait passer les numéros 2, 6, 10, etc., dans le premier rang, par exemple, et les numéros 4, 8, 12, etc., dans le second; il en est de même pour la seconde lame I', I', qui reçoit les fils impairs : les numéros 1, 5, 9, etc., passeront dans les œillets du premier rang et les numéros 3, 7, 11, etc., dans les œillets du second rang : alors, il n'y a entre deux fils pairs consécutifs qu'une demi-épaisseur du fil de l'œillet, au lieu de deux demi-épaisseurs (ou d'une épaisseur entière) qui s'y trouveraient si les œillets étaient sur le même rang et dans le même plan.

C'est pour remplir ce but qu'il y a aussi deux règles ou baguettes I, I, en-dessus et en-dessous, afin que les fils qui portent sur le premier rang d'œillets soient reçus sur les deux premières en haut et en bas, et que ceux qui portent sur le second rang d'œillets le soient sur les deux dernières; il en est de même de la seconde lame I', I'.

Les baguettes de la première lame sont attachées en haut, chacune par deux cordes terminées par des lanières de cuir *j*, *j* dont les extrémités sont clouées sur les poulies en bois J, J; les baguettes de la seconde lame sont pareillement attachées par deux cordes terminées par deux lanières en cuir *j*', *j*' dont les extrémités sont clouées sur les poulies en bois J', J' : ces deux dernières poulies ont un moindre diamètre que les premières; enfin les deux systèmes de poulies J, J et J', J' sont fixés sur un arbre en fer J'' soutenu à ses deux extrémités par les pièces *j*'', *j*'' attachées par des boulons sur l'anse de panier D.

A leur partie inférieure, les lames sont aussi attachées par deux cordes aux fortes règles en bois K et K', au milieu desquelles sont fixées par des boulons des tringles en fer *k* et *k*', qui viennent s'articuler aux marches L et L'; mais elles s'y articulent dans des rainures, afin que l'on puisse suivant le besoin faire varier leur point d'attache.

Il reste maintenant à indiquer comment les marches L et L' peuvent monter et descendre, et comment elles font en même temps monter et descendre les lisses.

Une double équerre L'' est fixée contre la traverse postérieure E', et en dehors, à laquelle sont adaptées à boulons les deux pièces *l*'', qui portent à leur partie inférieure l'axe en fer *l*'''; c'est sur cet axe que sont montées par des têtes en forme de douille les marches L et L', et qu'elles peuvent se mouvoir sans se déranger; mais, pour mieux assurer encore leur mouvement, elles sont guidées à leur autre extrémité dans les fentes d'une plaque en fonte L''', et alors il est impossible qu'elles puissent dévier; la plaque L''' porte encore près de ses bords 2 autres fentes dont nous verrons plus tard l'usage.

Pour supporter la plaque L''' et pour supporter aussi diverses autres pièces essentielles, il y a deux fortes contre traverses parallèles Q qui viennent se boulonner d'une part contre la traverse antérieure E, et d'une autre part contre la traverse postérieure E'; c'est contre l'une de ces contre-traverses que la plaque L''' est attachée par un boulon.

Il résulte de cette disposition qu'à mesure que la marche L s'abaisse pour abaisser la première lame, la marche L' se relève nécessairement, parce que les lanières ou courroies *j*, *j* ne peuvent pas se dérouler sur leurs poulies sans que les lanières *j*', *j*' ne s'enroulent sur les leurs, et réciproquement; ainsi, à mesure que l'une des lisses descend, l'autre est forcée de remonter : cependant, l'articulation de la tringle *k* sur la marche L se faisant plus loin de l'axe de rotation *l*''' que celle de la tringle *k*' sur sa marche L', il est évident qu'en s'abaissant du même arc, la première fait plus de chemin que la seconde; la lame I I qui lui correspond descend donc toujours un peu plus que la seconde I' I'; par conséquent, si les poulies J, J et J', J' étaient égales, il arriverait que, quand la deuxième lame descend, la première remonterait moins haut, et le passage de la navette serait plus resserré : on remédie à cet inconvénient en donnant aux poulies J, J de la lame de devant un diamètre un peu plus grand que celui des poulies J', J' de la lame de derrière; alors, quand celle-ci descend d'une certaine quantité, elle fait remonter la première d'une quantité un peu plus grande, et l'on s'arrange pour qu'il y ait compensation.

Pour ouvrir la chaîne alternativement dans un sens et dans l'autre, tout se réduit donc à abaisser successivement chacune des marches, avec la condition de ne pas gêner le mouvement de celle qui doit remonter : c'est à quoi l'on parvient au moyen des deux galets *l*, *l*' qui sont alternativement pressés par un excentrique dont nous expliquerons plus tard la forme et le mouvement.

4° *Mouvement du battant*. Le battant exécute ses manœuvres d'oscillation sur un axe en fonte M', qui est presque à fleur du sol, dont les extrémités arrondies en forme de tourillons viennent reposer dans les pattes-à-coussinets *m*', *m*' adaptées avec des boulons contre les traverses inférieures A' B' des pans du bâti; les deux balanciers en fonte M, M solidement fixés vers les extrémités de l'axe M' s'élèvent jusqu'à la hauteur des parties supérieures des lames; à une certaine hauteur, chacun des balanciers s'élargit, et sa nervure postérieure se bifurque et se renfle postérieurement pour offrir deux trous ronds *m*; c'est à cet endroit que viennent s'articuler aux deux balanciers les deux bielles destinées à lui imprimer le mouvement; un peu au dessus de ces articulations, chacun des balanciers porte encore à sa partie antérieure une espèce d'équerre *n*, et c'est sur ces équerres que repose la pièce en bois N qui forme la traverse supérieure du battant et qui est d'ailleurs fixée aux balanciers par des boulons; enfin, tout à fait à leur partie supérieure, les balanciers sont fendus

TISSAGE.

dans leur largeur et reçoivent la traverse en bois N' qui se fixe aussi par deux boulons passant dans les fentes, en sorte qu'il suffit de desserrer les écrous pour enlever la traverse N'.

Le peigne ou *ros n*' se loge dans l'intervalle compris entre les pièces N et N'; c'est pourquoi il importe que l'on puisse facilement enlever la pièce N' pour changer de peigne : la traverse N est revêtue à sa surface supérieure d'une sorte de semelle qui est pareillement en bois et qui doit être légèrement touchée par les fils dans les diverses positions que prend le battant pendant son mouvement.

Telles sont les pièces qui constituent le battant proprement dit : les autres pièces qui sont encore liées au battant sont, comme nous allons le voir, destinées au jeu de la navette.

5° *Mouvement de la navette*. La traverse N se prolonge de chaque côté au dehors des balanciers, et c'est sur ces prolongements que sont formées à droite et à gauche les boîtes dans lesquelles la navette vient successivement se loger; chacune de ces boîtes est formée seulement par trois parois longitudinales, c'est-à-dire disposées dans le sens de la longueur de la traverse N, et par une paroi transversale, c'est-à-dire disposée à l'extrémité même de la traverse N et perpendiculairement à sa longueur; cette dernière paroi, qui est, à proprement parler, le fond de la boîte, n'est autre chose qu'une plaque en fer O'' fixée par un boulon contre le bout de la traverse N, et c'est contre elle que vient frapper le taquet ou chasse-navette au moment où il est repoussé par la navette. Des trois autres parois, l'une est horizontale et se trouve formée par le prolongement de la surface supérieure de la traverse N, afin que la navette reste sur le même plan dans toute l'étendue de sa course Les deux autres parois sont antérieures et postérieures. La première O' est un plan incliné (fig. 2497 et 2498), et la seconde P, qui est la plus élevée, est tout à fait droite : entre ces deux parois se trouve la tringle en fer O qui sert de guide au chasse-navette *o*; elle est fixée d'une part au fond de la boîte, et de l'autre à un boulon qui passe dans les fentes des balanciers et qui s'y trouve arrêté par un écrou : les deux chasse-navettes *o* sont en cuir très dur et coulent librement sur leur guide; ils reçoivent l'extrémité de la ficelle ou du lacet qui les met en mouvement pour lancer la navette. La paroi postérieure P contient une pièce mobile très importante P' : c'est une espèce de levier qui tourne autour de l'axe *p*, et qui se trouve sans cesse pressé autour en avant par le ressort *p*'; comme son épaisseur est un peu plus grande que celle de la paroi P, il en résulte que son extrémité mobile forme toujours saillie dans l'intérieur de la boîte et que la navette ne peut pas entrer sans la repousser en arrière en forçant l'action du ressort *p*' et en faisant tourner toute la pièce P' autour de son axe *p*. Nous verrons que c'est au moyen de cette disposition que le métier s'arrête de lui même quand la navette est arrêtée en chemin et n'arrive pas dans sa boîte comme elle doit le faire.

Le mécanisme qui lance la navette est essentiellement un peu compliqué, non pas tant pour la difficulté de lui imprimer la vitesse convenable que par la nécessité de la faire partir à un instant précis qui se trouve déterminé à la fois par la position des lisses et par celle du battant : on voit sur la figure la ficelle *p*'' qui fait partir le chasse-navette, et le fouet P''' qui tire la ficelle pour la faire agir. Il reste seulement à faire comprendre comment le fouet est mis en mouvement. Les 2 contre-traverses Q, Q, fixées aux traverses E et E' par des boulons *q*, portent un petit cadre en fonte Q' soutenu par les boulons *q*'; ce cadre porte, à son tour, sur deux coussinets bien ajustés, l'axe Q'' auquel le fouet P''' est adapté, et il porte en même temps une sorte d'excentrique R; sur cet excentrique est fixée par le milieu de sa longueur la double courroie *r*, dont les deux bouts viennent passer dans les têtes des boulons *r*''; enfin, des étriers *r*', arrêtés plus ou moins haut par des écrous sur les boulons *r*'', reçoivent les extrémités des deux leviers R' qui sont disposés de chaque côté des marches L, L' et qui sont, comme ces marches, mobiles autour de l'axe *l*''' et alternativement abaissés par les excentriques. On conçoit que, l'un de ces leviers étant rapidement abaissé par l'action de l'excentrique, la courroie fait tourner le petit excentrique qui entraîne l'axe Q'', et cet axe à son tour fait osciller rapidement le fouet P''' qui tire la ficelle d'un côté ou de l'autre, fait partir le taquet et lance la navette, mais, en même temps que l'un des leviers descend, l'autre est forcé de remonter puisqu'il est tiré en haut par la courroie, et il faut disposer les choses pour qu'il ne soit pas gêné dans son mouvement et pour qu'il puisse l'accomplir sans presser l'excentrique et sans cependant le quitter.

6° *Communications de mouvement*. L'arbre moteur qui met en jeu tout le mécanisme du métier est représenté en S. On voit qu'il est soutenu par les traverses supérieures A B des deux bouts du bâti et qu'il se prolonge en dehors pour porter à droite la roue dentée S', et à gauche le volant *s*'' et les deux poulies *s*, *s*', l'une *folle* et l'autre *fixe*. Dans l'intérieur du bâti, vis-à-vis des balanciers M, M du battant, il offre deux coudes S'', S'', dirigés dans le même sens et dans le même plan, au milieu desquels viennent s'ajuster les bielles *s*''' qui vont s'articuler ensuite aux deux balanciers M, M. Il est évident, d'après cela, qu'à chaque tour de volant, le battant fait une oscillation entière et qu'il vient forcément frapper la duite au même point : si ce volant fait cent tours par minute, il faudra que la navette passe cent fois pour donner cent duites au battant.

La roue dentée S' fait autant de tours que le volant, mais, comme elle engrène dans la roue dentée T' qui a un diamètre double, celle-ci ne fait qu'un demi-tour exactement pour chaque révolution du volant.

La roue dentée T' est montée à l'une des extrémités de l'arbre T des excentriques, qui prend ses points d'appui sur les traverses obliques et courbes des bouts du bâti; cet arbre est en outre soutenu vers le milieu de sa longueur par un collet brisé T'' qui est fixé sur l'un des flasques Q; on lui donne ce troisième point d'appui parce qu'il importe qu'il ne fléchisse pas et qu'il tourne avec une régularité parfaite.

Les excentriques *t*, *t*' sont montés sur l'arbre T et tournent avec lui pour venir alternativement presser les marches L, L' ainsi que les leviers R' : on pourra se faire une idée nette des effets qu'ils produisent en remarquant d'abord qu'ils ont exactement la même courbure et qu'ils sont diamétralement opposés.

Il résulte de leur construction que, si du centre commun des 2 excentriques on mène un rayon quelconque qui rencontre les deux contours, la somme des deux portions interceptées par le centre et par chacun des contours sera constante, et c'est là précisément la condition essentielle que doivent remplir les courbures des excentriques.

En effet, les deux galets *l*, *l*' des deux marches L, L' étant à la même distance de leur axe commun de rotation *l*''' et devant toujours être en contact, l'un avec l'excentrique *t* et l'autre avec l'excentrique *t*', il est nécessaire que l'un s'abaisse autant que l'autre s'élève, ou, en d'autres termes, il est nécessaire que la somme de leurs distances au centre commun des excentriques soit constante.

Quant au rapport qui doit exister entre les grands et les petits rayons de courbure des excentriques, il dépend de l'ouverture que l'on veut donner à la chaîne : dans nos figures, cette différence est de 5 centimètres, et, comme la moyenne distance comptée à partir des points

d'attache des tringles k, k' avec les marches L, L' jusqu'à l'axe de rotation l''' est les 8/5 de la distance des galets l, l' au même axe, il en résulte que le mouvement des lisses sera les 8/5 de 5 centimètres ou 8 centimètres : pour ouvrir davantage, il faudrait éloigner les points d'attache des tringles k, k' ou prendre des excentriques dont les rayons eussent une plus grande différence.

Il est facile de voir maintenant comment on règle l'instant où le fouet P'' lance la navette. En effet, les deux leviers R', qui donnent tour à tour le coup de fouet, sont mis en jeu par deux galets t attachés aux excentriques et diamétralement opposés. Vers le milieu de la longueur de ces leviers, leur surface supérieure offre un arc de 1/8 de circonférence qui est de même rayon que le plus grand arc des excentriques; c'est là seulement qu'ils sont pressés par les galets t'', et ils le sont brusquement au moment même où le galet rencontre la première extrémité de cet arc, en sorte que le levier s'abaisse instantanément de toute la quantité dont il doit s'abaisser, et, pendant que le galet parcourt le reste de l'arc du levier, il ne fait que le maintenir au même point de dépression. On voit qu'il est très facile de donner aux boulons qui portent les galets t'' diverses positions sur les excentriques, et par conséquent qu'il ne l'est pas moins de lancer la navette un peu plus tôt ou un peu plus tard : cependant, on ne peut la lancer que quand la chaîne est ouverte; c'est pourquoi les boulons porte-galets ne peuvent se mouvoir que dans une certaine étendue toujours comprise entre les extrémités des grands arcs des excentriques. Puisqu'il y a deux galets diamétralement opposés, il est évident que, pour chaque tour des excentriques, la navette est lancée deux fois : or, comme un tour des excentriques répond à deux coups de battant, il en résulte qu'il y a, comme cela doit être, un coup de battant à chaque passage de la navette.

7° *Mécanisme d'arrêt.* Le métier étant mis en mouvement par une courroie qui passe sur la poulie-fixe z', il suffit pour l'arrêter de faire sauter la courroie sur la poulie-folle z; alors, s'il ne s'arrête pas brusquement, il n'aura plus du moins que sa vitesse acquise, qui sera bientôt éteinte si les dimensions du volant ont été convenablement déterminées. L'ouvrier n'a donc qu'à pousser la courroie lorsqu'il veut arrêter le métier : mais, s'il arrive, par exemple, que la navette s'arrête dans la chaîne, on conçoit que jamais la main de l'ouvrier ne peut être assez prompte pour empêcher que le battant ne vienne donner son coup en poussant la navette devant lui et ne rompe par conséquent les fils de la chaîne ou les dents du peigne; il est donc nécessaire d'adapter au métier un mécanisme au moyen duquel il s'arrête de lui-même dans de telles circonstances, et c'est ce mécanisme que nous allons décrire.

On voit sur la figure un axe X dont les deux extrémités sont soutenues un peu au dehors du bâti par les pièces en fonte x, x, qui sont elles-mêmes fixées sous la traverse supérieure N du battant; cet axe porte à l'un de ses bouts, à gauche du métier, un levier coudé à peu près à angle droit dont la position est réglée par a vis x'; la branche X' s'élève derrière la boîte-à-navette et s'engage sous le ressort p', tandis que la branche X'' s'avance horizontalement : ce même axe porte, à l'autre bout, un levier analogue, mais qui n'a que la branche verticale; la branche horizontale lui manque.

Quand la navette arrive dans sa boîte, elle doit, comme nous l'avons vu précédemment, repousser le levier P' qui fait une saillie intérieure, et par conséquent elle doit repousser la branche X' du levier coudé qui va s'appuyer contre son extrémité mobile; ainsi, la navette ne peut pas entrer dans sa boîte sans faire tourner l'axe X d'une certaine quantité, et sans élever la branche horizontale X'' d'une quantité correspondante : toutes

les fois que cet effet se produit, la branche X'' ne rencontre rien sur son chemin pendant le mouvement du battant, et le métier marche avec sa vitesse accoutumée.

Mais, quand la navette n'arrive pas dans sa boîte, l'axe X ne tourne pas, la branche X'' n'est pas relevée, et c'est elle qui vient faire partir une détente pour arrêter le métier au moment où le battant commence à revenir.

Lorsqu'on tisse de la toile en grande largeur, de 1m,40, par exemple, la vitesse de l'arbre moteur S doit être de 75 révolutions environ par minute; pour celle qui ne dépasse pas 0m,90, on peut compter de 90 à 95. Pour les métiers à coton, le nombre de tours dans le même temps, pour des largeurs de 0m,90, varie de 100 à 115, suivant les systèmes de métier.

On peut juger maintenant par l'ensemble des combinaisons que nécessite un métier à tisser mécaniquement, et par la précision pour ainsi dire mathématique avec laquelle chaque organe doit fonctionner, que ce n'est pas un des problèmes industriels les moins difficiles à résoudre, que celui qui a pour but la création d'une machine automatique pouvant tisser avec perfection tous les fils, quelles que soient leur nature et la variation de leurs titres.

Il n'existe jusqu'à ce jour aucun métier mécanique qui puisse servir indistinctement à toutes les matières. Presque toutes les étoffes façonnées, et certaines étoffes unies même, sont encore exclusivement tissées à la main; telles sont celles en laines cardées, en laines peignées et la soierie en grande partie. Nous ne connaissons en France qu'un seul établissement (1) où l'on fasse le tissage de la soie unie à la mécanique, et une seule maison (2) où la même tentative ait été faite pour les mérinos. Le tissage mécanique de ce dernier article est plus avancé en Belgique, et surtout en Angleterre.

Ce travail se borne donc chez nous exclusivement aux cotonnades et aux toiles de lin et de chanvre. Ces dernières se font cependant encore en partie manuellement, mais cette spécialité diminue tous les jours et ne saurait subsister longtemps. Il est évident aussi que du moment où il y aura réellement économie et avantage à tisser mécaniquement les lainages et la soierie, les métiers actuellement existants pourront avec de bien légères modifications être appliqués à ce travail. Ce qui s'oppose à ce mode de tissage pour les laines en général, et surtout pour la laine cardée, c'est le peu de résistance qu'offrent les fils de cette matière aux brusques mouvements mécaniques, qui occasionnent des ruptures plus fréquentes, et rendent par conséquent le travail plus défectueux et plus coûteux. Quant aux étoffes de soie, qui ont besoin d'une si grande perfection, dépendant de l'attention et de la surveillance lors du travail, on comprend aussi que le tissage mécanique ne peut présenter un très grand avantage, surtout dans les localités où la main-d'œuvre est à bas prix. Cependant on ne peut douter que le tissage automatique n'arrive pas un jour à être exclusivement employé pour toutes les matières : de nombreuses tentatives surgissent chaque jour, aussi bien pour le travail des façonnés que pour celui des étoffes unies. On conçoit d'ailleurs tout ce que la création d'un métier mécanique présente d'aliments aux investigations de la science. Chacun de ces éléments est susceptible de modifications; un résumé succinct des parties auxquelles on les a appliquées jusqu'ici en fournira une preuve, et pourra en même temps servir de guide aux recherches sur la matière.

Un des points principaux qui aient exercé la sagacité

(1) L'établissement de M. Thomas d'Avignon.
(2) M. Croutelle de Reims.

des mécaniciens, a été le mode de tension à imprimer à la chaîne sur les ensouples, de façon à la maintenir régulière pendant toute la durée du travail, malgré le changement des diamètres des cylindres enrouleurs et dérouleurs.

On s'est d'abord servi de simples poids et contre-poids manœuvrés à la main; on a ensuite cherché à modifier cette tension avec la variation du diamètre des cylindres par le métier lui-même, soit au moyen d'un mécanisme mû par un des arbres du métier, soit par une combinaison mécanique dépendant du battant. Les commandes employées pour faire fonctionner les lisses, ou plutôt les marches auxquelles elles communiquent, le battant et la navette, ont également été modifiées. Les lisses sont mues tantôt par des manivelles et tantôt par des excentriques. Il en est de même du battant, qui le plus souvent reçoit son mouvement par des excentriques, placées sur l'arbre moteur à la place des bielles que nous avons mentionnées dans le métier Roberts. Le battant peut donner un ou deux coups. Sa forme peut varier elle-même. La navette, au lieu d'être chassée par deux fouets comme cela a lieu presque généralement maintenant, et surtout pour les étoffes larges, reçoit quelquefois encore son mouvement par un seul fouet.

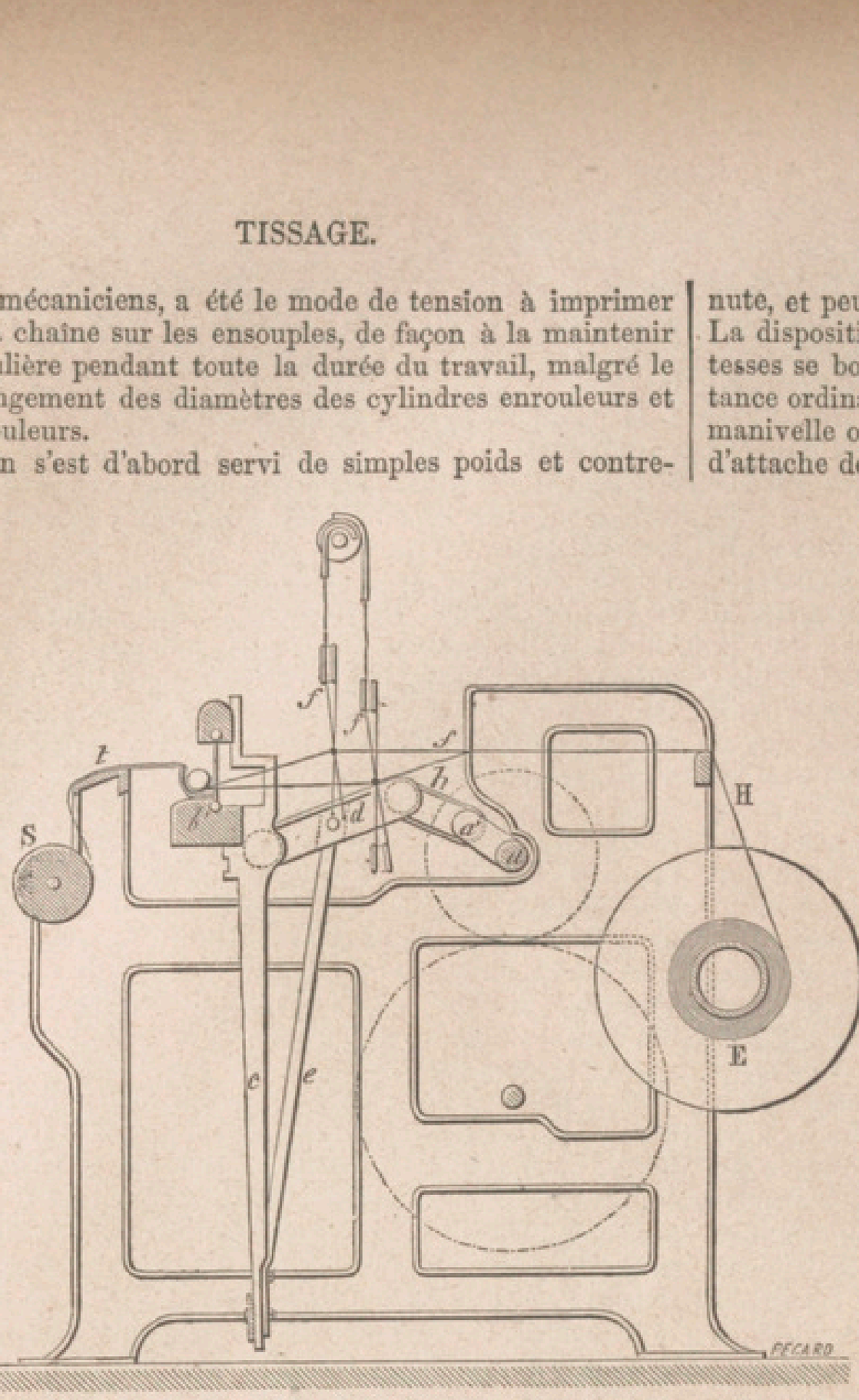


Fig. 2499.

Progrès du tissage. Le trait qui nous frappe le plus à l'examen des nombreux métiers à tisser, dit M. Callon dans son rapport sur l'Exposition de Londres, c'est évidemment pour le tissage, comme pour la filature, la tendance à automatiser de plus en plus les diverses fonctions, même les plus délicates, de chaque appareil. Il ne s'agit plus seulement de métiers mécaniques pour les tissus de coton unis ou bien rayés par de simples effets de chaîne. On voit, au contraire, des métiers fonctionnant automatiquement pour les tissus les plus variés, soit par la nature de la matière employée, soit pour la plus ou moins grande complication des effets de chaînes et de trames.

Métiers à grande vitesse. Nous citerons en première ligne le métier Taylor, conduit habituellement au moyen de poulies coniques, afin de pouvoir faire varier la vitesse à volonté. Il marche habituellement en battant de deux cent soixante à trois cents coups par minute, et peut aller jusqu'à quatre cents coups et plus. La disposition employée pour obtenir ces grandes vitesses se borne essentiellement, tout en laissant la distance ordinaire entre le battant du métier et l'arbre à manivelle ou vilebrequin, à reporter en arrière le point d'attache des deux bielles, ou à faire celles-ci beaucoup plus courtes qu'à l'ordinaire, à interposer une articulation entre la manivelle et le battant, comme on le voit en *hh'* dans la fig. 2499 qui est une coupe de ce métier. On comprend facilement qu'avec une bielle dont la longueur est égale à peine à une fois et demie le rayon de la manivelle, une excursion entière du battant ne se compose plus de deux parties symétriques, comme cela aurait lieu avec une bielle de longueur infinie, mais qu'au contraire la portion de l'excursion qui correspond au coup du battant contre la duite s'effectue plus rapidement que l'autre. Il en résulte que, pour une excursion totale de grandeur donnée égale au diamètre de la manivelle, le passage de la navette reste plus longtemps ouvert, ou, ce qui est la même chose, que pour un temps donné nécessaire au passage de la navette chassée avec une même vitesse initiale, on peut battre un plus grand nombre de coups par minute.

On remarquera seulement que ce système met en jeu, d'une manière plus prononcée encore que dans les métiers ordinaires, l'inertie du battant et de toutes les pièces qui participent à son mouvement. Or, on sait que déjà, même avec les vitesses ordinaires, les ébranlements du métier sont très-sensibles, et se communiquent même aux planchers et à tout l'édifice dans les grands ateliers de tissage qui ne sont pas placés au rez-de-chaussée. Il y aurait donc grande convenance à adopter ici une disposition proposée et réalisée avec succès par M. Ernest Stamm, laquelle consiste à placer un battant postiche du côté opposé du vilebrequin, et à le commander par des manivelles placées à 180 degrés de celles qui commandent le véritable battant. En vertu de la symétrie, et en supposant d'ailleurs que les deux battants aient le même moment d'inertie par rapport à leur axe d'oscillation, toutes les forces d'inertie s'équilibreront, et l'on évitera ainsi ces mouvements de trépidation dont il vient d'être parlé et dont on connaît les effets destructeurs.

Parmi les progrès à signaler nous citerons encore les suivants :

1° L'emploi presque général de casse-trames agencés de différentes manières, pour arrêter le métier toutes les fois que la duite, par une cause quelconque, ne s'est pas régulièrement formée sur toute la largeur de l'étoffe, soit que la trame ait cassé, soit que la navette ait dévié de sa course ou ne l'ait pas complétée. Dans ce dernier cas, une disposition particulière se remarque sur plusieurs métiers. Elle a pour effet, toutes les fois que la navette n'arrive pas à fin de course en temps utile, de mettre en jeu un déclic qui rend le peigne du battant mobile autour de son arête supérieure, et prévient les inconvénients bien connus qui se produisent lorsque, suivant l'expression consacrée, on vient à tisser la navette.

Ces divers appareils de sûreté sont appelés à devenir d'un usage de plus en plus fréquent, à mesure que le tissage mécanique étendra son domaine à des tissus plus légers et qu'on lui demandera plus de vitesse.

C'est seulement grâce à eux que l'on tire de l'emploi d'un moteur toute l'économie de main-d'œuvre qu'il est permis d'en attendre, parce qu'il devient possible d'augmenter le nombre des métiers confiés à chaque ouvrier. Un casse-trame d'un jeu sûr est donc un accessoire très-intéressant dans un métier mécanique quelconque; il est à peu près indispensable, quand on veut marcher vite avec des trames peu résistantes, et donner à chaque tisserand plus d'un métier à conduire.

L'électricité s'est appliquée fort heureusement dans ce cas pour obtenir des efforts suffisants, par l'établissement du courant déterminé par la rupture d'un fil de la chaîne.

2° Diverses dispositions pour soulager les fils de chaîne au moment où les lisses fonctionnent pour laisser passer la navette.

Elles consistent, en général, à faire passer ces fils entre l'ensouple de derrière et les règles d'enverjure, sur une tringle qui, au lieu d'être fixée invariablement, comme à l'ordinaire, est susceptible de prendre un petit mouvement. Tantôt cette tringle est appuyée sur des ressorts qui cèdent lorsque la tension de la chaîne augmente par le jeu des lisses, et qui, ainsi, restreignent les variations de cette tension. Tantôt, au contraire, le mouvement est obligatoire, ou constitue ce que les Anglais appellent *a positive motion*. Un système articulé, en relation avec le battant, rappelle la tringle, détend les fils au moment où les lisses jouent, et la repousse de manière à produire le maximum de tension au moment où le battant chasse la duite. La tringle mobile pourrait être placée sur le devant du métier comme à l'arrière.

3° Des solutions variées du problème très-important et encore assez imparfaitement résolu, d'un enroulement régulier de l'étoffe et d'un déroulement correspondant de la chaîne, sous une tension parfaitement uniforme.

La solution la plus intéressante est peut-être celle du métier à voiles de MM. Parker et fils, de Dundee. Ce métier n'est pas nouveau, car il est aujourd'hui ce qu'il était à l'Exposition de 1855, où il a obtenu une médaille d'honneur. Rien de plus remarquable comme bonne construction. Les mouvements des deux ensouples sont solidaires et commandés par le jeu du battant. La tension est déterminée par le système de deux poids relevés à tour de rôle par des cames et agissant avec des bras de levier dont la longueur varie proportionnellement au rayon d'enroulement de l'ensouple du devant.

4° Enfin diverses dispositions concernant le mouvement de la navette.

Ainsi, par exemple, on cherche à obtenir une vitesse initiale de la navette, indépendante de la vitesse actuelle du métier. Cela est important pour éviter en général des inégalités de tension dans la trame et des ruptures fréquentes lorsque le métier va vite. Il faut que la vitesse initiale suffise amplement, mais sans trop d'excès, à la course entière de la navette. A cet effet le mouvement du battant sert alternativement à remonter un ressort faisant fonction de réservoir de force, et à lâcher un déclic qui laisse, au moment opportun, ce ressort agir sur le levier du chasse-navette. Une autre disposition consiste, dans le métier à plusieurs navettes, à faire dépendre leur mouvement, comme celui de la boîte qui les renferme, non pas du mouvement du battant, mais de celui de la mécanique Jacquart. Il en résulte des facilités particulières pour détisser en cas de besoin, et par suite une assez grande économie de temps.

Dans une troisième disposition qui peut être indiquée, bien qu'elle ne soit encore qu'en projet, on a cherché à remplacer la navette ordinaire par une petite navette en fer conduite par l'attraction d un aimant glissant le long du battant un peu au-dessous du peigne. Cet aimant étant en dehors des fils de chaîne, peut être mis en mouvement d'une façon quelconque, tandis que la navette ordinaire qui est lancée, sans pouvoir y être conduite, dans l'intérieur de l'angle formé par les fils de chaîne, doit être chassée avec une grande vitesse initiale. Ce mouvement brusque casse ou énerve les fils, et tend souvent à produire ces trames traînantes d'un effet si fâcheux dans les étoffes de soie unie. La disposition proposée permet d'avoir, avec une vitesse moyenne égale ou même supérieure, un départ beaucoup plus doux; en outre, on peut tisser les étoffes les plus légères, sur une largeur quelconque, qui n'est plus limitée que par les convenances de construction du métier lui-même, et non par celles du mouvement de la navette.

Ces indications suffisent pour montrer combien le métier mécanique est l'objet d'études, dont la multiplicité même montre que le problème d'un bon métier mécanique n'est pas encore bien complétement résolu. C'est en effet une question assez simple pour certains tissus ordinaires, lorsqu'on ne cherche pas une trop grande vitesse, mais qui devient au contraire fort complexe, fort délicate, lorsqu'on veut aller très-vite, ou lorsqu'on veut satisfaire à toutes les conditions d'un bon travail avec des fils très-fins et peu élastiques.

Métiers à bosses pour la nouveauté. Pour quelques combinaisons simples, on emploie des métiers mécaniques spéciaux, munis de dispositions particulières qui ont été variées de bien des manières. Nous donnons une des meilleures, un système à bosses dû à un constructeur américain.

Les bosses sont disposées sur une chaîne sans fin placée sur le côté du métier, avançant d'un maillon par chaque tour. La bosse qui en fait partie rencontre une lame verticale répondant aux fils qui doivent être levés pour un tour, produisant une levée des fils et une course de navette.

On ne peut faire ainsi que des carreaux variés, qui changent de couleurs avec des boîtes à navette *revolver*, tournant par l'effet de l'arbre des bosses.

Ces métiers semblent d'importance secondaire à cause des limites assez resserrées des combinaisons qu'ils permettent de produire automatiquement, mais il faut songer qu'il s'agit d'articles d'un usage très-fréquent et qui par suite se produisent par millions de pièces.

Métier de Vaucanson. On doit reporter à un célèbre mécanicien l'invention du métier mécanique, ou au moins la première réalisation d'un des plus grands progrès de l'industrie moderne. Nous pensons qu'on lira avec intérêt l'extrait suivant du numéro du *Mercure* (1745), dans lequel Vaucanson annonçait l'invention de son métier mécanique :

« M. Vaucanson, si célèbre dans les mécaniques, vient de mettre au jour une vraie merveille de l'art dans un objet de grande utilité. C'est une machine avec laquelle un bœuf ou un âne font des étoffes bien plus belles et bien plus parfaites que les meilleurs ouvriers en soie.

« Cette machine consiste en un premier mobile en forme de cabestan, qui peut communiquer son mouvement à plusieurs métiers à la fois, pour y faire toutes les opérations nécessaires à la fabrication des étoffes.

« Ce cabestan mu par une force quelconque, on voit sur le métier l'étoffe se fabriquer sans aucun secours humain, c'est-à-dire la chaîne s'ouvrir, la navette jeter la trame, le battant frapper l'étoffe avec une justesse et une égalité que la main de l'homme ne saurait jamais avoir.

« L'étoffe se roule d'elle-même à mesure qu'elle se fabrique; la chaîne est toujours également tendue, la trame toujours également couchée, et l'étoffe toujours

frappée au même point et avec la même force; et tout cela se fait sans fatiguer la soie, et sans qu'elle reçoive aucun frottement, car la navette passe la trame sans toucher la chaîne, ni même le peigne, et les lisses qui font ouvrir la chaîne ne la touchent jamais deux fois au même endroit. Cet ingénieux auteur a trouvé le moyen de déterminer la quantité de soie qu'il veut faire entrer dans cette étoffe, en donnant plus ou moins de poids au battant sur lequel il la fait frapper, en tenant la chaîne plus ou moins tendue, et en donnant plus ou moins de trame.

« Les lisières fabriquées sur le nouveau métier sont plus belles et plus parfaites que celles des étoffes ordinaires; l'auteur ayant trouvé moyen de supprimer une pièce appelée *temple*, qui gâte les lisières par des trous que les pointes y font.

« Est-il question de recharger la navette ou de raccommoder un fil cassé, on arrête le métier sur-le-champ, en poussant un bouton qui peut se trouver aux quatre coins du métier, et sous la main d'un enfant préposé pour veiller à quatre de ces métiers, dont la seule occupation consiste à nettoyer la soie, raccommoder les fils cassés et garnir les navettes, qui contiennent six fois plus de trame que les navettes ordinaires.

« Cet arrêt suspend comme un éclair tous les mouvements du métier, dans tel état qu'ils puissent se trouver; et lorsqu'on le fait repartir, ce qui s'opère avec la même facilité, les mouvements reprennent sur-le-champ où ils ont cessé; cet arrêt est d'ailleurs particulier à chaque métier et sans aucune influence sur les autres, en sorte qu'on arrête celui qu'on veut sans que les autres cessent de travailler.

« Un cheval attelé au premier moteur peut faire travailler trente de ces métiers; une chute d'eau, un bien plus grand nombre, et si l'on voulait y employer des hommes, un seul en ferait aller six sans peine; un métier fait autant d'étoffe par jour que le meilleur ouvrier quand il ne perd pas de temps. »

Tissage des étoffes façonnées. Le savant général Piobert, qui connaissait aussi bien les procédés des industries qui s'exercent dans la ville de Lyon, dont il était originaire, que les théories de l'artillerie auxquelles il a fait faire tant de progrès, a consigné, dans le rapport du jury de l'Exposition universelle de 1855, le résumé suivant, d'une netteté parfaite, des découvertes successives accomplies dans les moyens de fabrication des étoffes façonnées; découvertes qui ont singulièrement contribué à l'admirable développement de notre belle industrie des soies.

Dès le milieu du siècle dernier, on avait généralement reconnu tout ce que la perfection des étoffes de soie devait à l'incessante activité, aux soins infatigables des fabricants de Lyon : goût exquis, élégance et richesse dans les dessins, légèreté, délicatesse et variété dans les compositions, fraîcheur et harmonie dans les couleurs, tout était répandu avec profusion dans leurs admirables productions. Cet état brillant est encore celui de nos jours. Si cette partie importante de la fabrication, objet constant de tant de soins, obtient depuis si longtemps un tel succès, il n'en a pas toujours été de même pour les moyens mécaniques employés au tissage, que la routine a souvent fait négliger. En effet, pendant plus de deux siècles, nous voyons mettre en usage, pour tisser les plus belles étoffes, le métier connu des Chinois depuis des milliers d'années, modifié seulement dans une de ses parties. La modification apportée vers 1606, par Claude Dagon, consistait à ramener horizontalement, au moyen des poulies d'un cassin, les cordes de rame qui primitivement étaient verticales et soulevées par un deuxième ouvrier placé au-dessus du métier; par suite, cet ouvrier, nommé tireur des lacs et placé sur le côté du métier, dut agir au contraire de haut en bas sur la rame, soit directement au

moyen des cordes de lisage, soit par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs samples, systèmes de cordes descendant verticalement dans un même plan jusqu'au sol où elles étaient fixées. Cette dernière disposition, dite *grande-tire*, permit d'augmenter presque indéfiniment le nombre de lacs ou la hauteur et les couleurs du dessin. Avec la première disposition, dite *petite-tire*, on put bien accélérer le travail en facilitant le tirage par l'emploi de boutons agissant sur les cordes de lisage et placés sous une planche à portée du tireur (1620-1625); mais la confusion des cordes dans le corps de lisage, diminuée, il est vrai, par les dispositions ingénieuses de Galantier, de Blache et de Taillandier frères, n'en subsistait pas moins encore pour les grands dessins. Aussi l'emploi de ce système fut toujours assez restreint; il le fut un peu moins lorsque les petites mécaniques, comme celles de Ponson et de Verzier, qui dispensaient d'un tireur de lacs, prirent un peu d'extension et qu'on parvint, au moyen de cette dernière, à exécuter avec la plus grande facilité des dessins qui avaient cent vingt cordes ou ligatures, et deux cent quatre-vingt-huit coups de hauteur. Quant aux autres mécanismes inventés pour remplacer le tireur, ils ne purent jamais entrer dans la pratique: tels furent les métiers à clavier, à tambour ou cylindre d'orgues, à cylindres percés ou avec relief, à bec de cane, à chapelet; enfin, les inventions tant vantées de Regnier aîné (1755), de Fleury-Dardois (1776) et de Perrin (1778), de Paulet (1777) et de Claude Rivey (1779).

Cependant, on avait trouvé depuis longtemps un procédé qui devait un jour l'emporter sur tous les autres, et être universellement employé pour toutes les espèces de tissus façonnés : l'idée de Basile Bouchon (1725), bientôt fécondée par le chef d'atelier Falcon, mettait entre les mains des ouvriers le moyen le plus propre à soustraire les métiers de grand façonné à la complication inextricable des nœuds et des cordes, en substituant à chaque lac une bande de carton percée de trous en des points déterminés par le dessin et enlacée avec ses voisines, de manière à former une surface continue et flexible. Chaque corde de sample, ou mieux encore chaque corde de rame ramenée verticalement sur le côté du métier au moyen d'un double cassin, était fixée, par son extrémité inférieure, à un long crochet vertical en fil de fer passé dans la boucle d'une aiguille horizontale; les crochets étaient placés sur plusieurs rangs et les aiguilles disposées en autant de couches superposées les unes aux autres; le tireur, étant assis, présentait successivement chaque bande de carton aux extrémités des aiguilles, pour repousser celles qui ne correspondaient pas aux trous; puis il enfonçait une pédale qui faisait descendre, au moyen d'une griffe, les crochets déplacés par ces aiguilles; on était assez près de la mécanique en usage actuellement, en la supposant renversée.

Un transport de lisage avec perçage accéléré des cartons était la seule chose qui restât à trouver, afin de diminuer la dépense et le temps nécessaire au montage des dessins. Ce ne fut qu'après vingt années de recherches (1748) que Falcon arriva à perfectionner son métier et à compléter son œuvre, en inventant la machine à lire et à percer les cartons au moyen d'une transmission d'emporte-pièces et de plusieurs abatages successifs, procédé qui resta un secret de famille jusque dans ces derniers temps. Malgré tous les avantages des mécaniques à la Falcon, qui portaient 200, 400 et même 600 crochets, malgré le privilége que leur accorda, en 1744, le règlement sur les manufactures, il n'y en eut jamais plus de cent; quelques-uns de ces métiers travaillaient encore à Lyon en 1817.

A peu près à l'époque de ces perfectionnements, c'est-à-dire il y a plus d'un siècle, Vaucanson, qui avait inventé le premier métier mécanique pour les étoffes

TISSAGE.

unies (1745), essaya également de supprimer le tireur de lacs. A cet effet, il se rapprocha du métier primitif des Chinois, en supprimant cordes de rame, sample et cassin; puis, plaçant sur le métier, sens dessus dessous, la mécanique de Falcon, il remplaça le tireur par un mécanisme de son invention; mais il eut le tort d'abandonner la série ou chaine de bandes de carton de cet inventeur, ou plutôt d'en revêtir un cylindre en bois également percé de trous. Ce cylindre effectuait à chaque coup ou descente de la marche un petit mouvement de rotation, et avait en même temps, au moyen d'un chariot, un mouvement horizontal de va-et-vient, pour présenter successivement de nouvelles rangées de trous aux aiguilles des crochets et repousser ceux de ces derniers qui ne devaient pas être enlevés par la griffe.

Cinquante années s'écoulèrent sans que ce métier, exposé d'abord dans la collection du grand mécanicien, puis au Conservatoire des arts et métiers, fût employé ou imité. Ce ne fut qu'après avoir pris un brevet de dix ans, *le 23 décembre 1801, pour une machine destinée à suppléer le tireur de lacs dans la fabrication des étoffes brochées et façonnées*, mécanique analogue à celle de Verzier, que Jacquard, venu à Paris, en 1803, pour présenter son métier à fabriquer le filet de pêche, eut l'idée très-simple de rétablir, sur le mécanisme de Vaucanson, la séparation des bandes de carton de Falcon qui fonctionnaient parfaitement à Lyon depuis soixante-quinze ans, et dont l'application sur un cylindre limite toujours beaucoup trop le nombre des lacs ou la hauteur du dessin. Mais cette simple réunion ou plutôt juxtaposition de deux inventions, dont l'une n'était jamais entrée dans la pratique, ne put marcher couramment dans les ateliers que lorsque le mécanicien Breton l'eut sensiblement améliorée, 1° en s'associant, vers 1805, avec Jacquard pour inventer les élastiques des aiguilles, en remplacement des talons des crochets, retirer les repères de la planche aux aiguilles et les placer sur chacune des quatre faces du cylindre, afin de mieux diriger le développement des cartons; 2° en imaginant bientôt, lui seul, de renfermer les élastiques dans une boîte et, vers 1807, de substituer un battant ou balancier au chariot de Vaucanson; 3° en adaptant, au commencement de 1815, une presse à la griffe pour écarter le battant à la levée et le rapprocher à la descente, de manière à serrer le cylindre contre la machine afin de repousser les aiguilles; 4° enfin en construisant, dès 1812, une machine à transporter le lisage des dessins sur les cartons; puis en inventant, vers 1816, sa machine à lire et à percer les cartons dans un système analogue à celui de Falcon, mais perfectionné. Alors seulement la mécanique dite *à la Jacquard* put devenir d'un usage avantageux dans la pratique, et l'adoption de ce métier, qui d'abord avait été très-lente, devint bientôt générale: là commence une ère nouvelle pour la fabrication de toutes les espèces de tissus façonnés.

Ce grand progrès ne fut obtenu, on le voit, qu'après beaucoup d'hésitation et de longs tâtonnements, quoique tous les éléments du système fussent connus depuis longtemps; ce fut faute de coordonner ensemble ces éléments, et de les simplifier en les adaptant les uns aux autres, qu'on resta tant d'années pour atteindre le but; mais simplifier c'est le lot du génie, tandis que le vulgaire croit inventer lorsqu'il multiplie outre mesure des moyens très-ordinaires. Combien de fois n'a-t-on pas pris de fausses directions, et même rétrogradé, pendant ces quatre-vingts années de tentatives diverses, avant d'arriver à la véritable solution! Falcon trouva d'abord de nombreux contradicteurs; un seul fabricant le soutint vigoureusement; plus tard il fut approuvé, puis imité par Vaucanson dans le métier qui supprimait le tireur de lacs; mais ce grand mécanicien faillit lui-même faire reculer la question, faute de bien connaître les besoins de la fabrication des étoffes façonnées, en fixant les bandes de carton de Falcon sur un cylindre qui n'aurait pu convenir tout au plus que pour l'exécution de petits dessins.

Trente années plus tard, un homme qui eut dans son temps une certaine renommée pour les améliorations qu'il apporta à la grande-tire, de Lasalle, se trompa également, mais en sens contraire, dans la croyance que le progrès consistait à faciliter les moyens d'augmenter indéfiniment le nombre des cordes de rame et celui des coups de hauteur des dessins. On monta, à cette époque, des grandes tires à trois mille deux cents cordes de rame et à quatre-vingts samples; mais, à peine montés, ces immenses appareils furent abandonnés; quelques-uns même n'ont jamais rien exécuté, et ces essais infructueux furent bientôt complétement oubliés. Le progrès n'était pas là; ce ne fut qu'une leçon achetée chèrement par la fabrique de Lyon.

Ces alternatives presque périodiques, ces aberrations qu'on serait tenté de juger sévèrement aujourd'hui, qui tantôt font négliger les procédés les plus avantageux, et tantôt jettent dans l'emploi exagéré des moyens ordinaires, sont peut-être plus près de se renouveler qu'on ne le pense. Voyons ce qui s'est passé de nos jours.

Les observateurs qui ont suivi pendant les cinquante années écoulées depuis Jacquard et les premiers travaux de Breton les états successifs par lesquels le tissage des étoffes de soie façonnées a passé, ont pu remarquer combien les époques de progrès ont été courtes et rares; le temps pendant lequel la fabrication a été stationnaire ou même rétrograde, relativement aux perfectionnements rapides des autres tissus a occupé la presque totalité de ce demi-siècle. Cependant le commencement de cette longue période avait été fécond en améliorations de toute espèce, et la fabrique de Lyon avait fait d'immenses progrès dus aux travaux des Dutilleu, des Camille Beauvais, des Charles Depouilly et Schirmer; mais, comme les faveurs de la fortune n'avaient pas été en rapport avec la grandeur de ces efforts, une excessive prudence a empêché la plupart de leurs successeurs de pousser plus avant, et les a fait errer timidement sur le terrain conquis par ces hardis pionniers. Pourtant les inventeurs et les inventions n'ont pas fait défaut depuis lors; mais chaque fabricant a plus visé au certain qu'au progrès, et a surtout redouté les chances des essais que demande toujours une invention, une innovation quelque légère qu'elle soit.

Cette indifférence dans le choix des meilleurs procédés à employer pour la fabrication des étoffes de soie façonnées se prolonge encore, et bien des progrès réels ne sont pas accueillis comme ils devraient l'être. Cette mauvaise direction, dans laquelle on se laisse entraîner par la routine, n'a pas d'issue; on sera bientôt acculé dans cette voie et forcé de rétrograder; l'histoire de la fabrique de Lyon a montré, on l'a vu, de tels exemples dans le siècle dernier.

On a souvent fait fausse route en prenant des tours de force pour des progrès; ils éblouissent la foule, il est vrai; mais bientôt ces fantômes brillants disparaissent, entraînant avec eux les industriels qui se sont lancés à leur poursuite. Le prix de revient étant alors hors de proportion avec l'objet fabriqué et avec ce qu'il est raisonnablement possible d'admettre dans le commerce, le produit ne peut entrer dans la consommation. Le progrès n'est pas là; cette voie ne saurait être autre que la recherche des procédés les plus simples, ou les plus faciles à employer pour arriver à chaque espèce de produits, même aux plus beaux, afin d'en étendre l'utilité, d'en modérer les prix et, par suite, d'en augmenter la consommation.

TISSAGE.

Métier à la Jacquard. Le métier à la Jacquard a pour but de produire les étoffes façonnées les plus compliquées, par le travail d'un seul ouvrier, et sans lui faire éprouver plus de fatigue que s'il ne s'agissait que d'un travail ordinaire.

La figure 2500 est une vue théorique de la Jacquard,

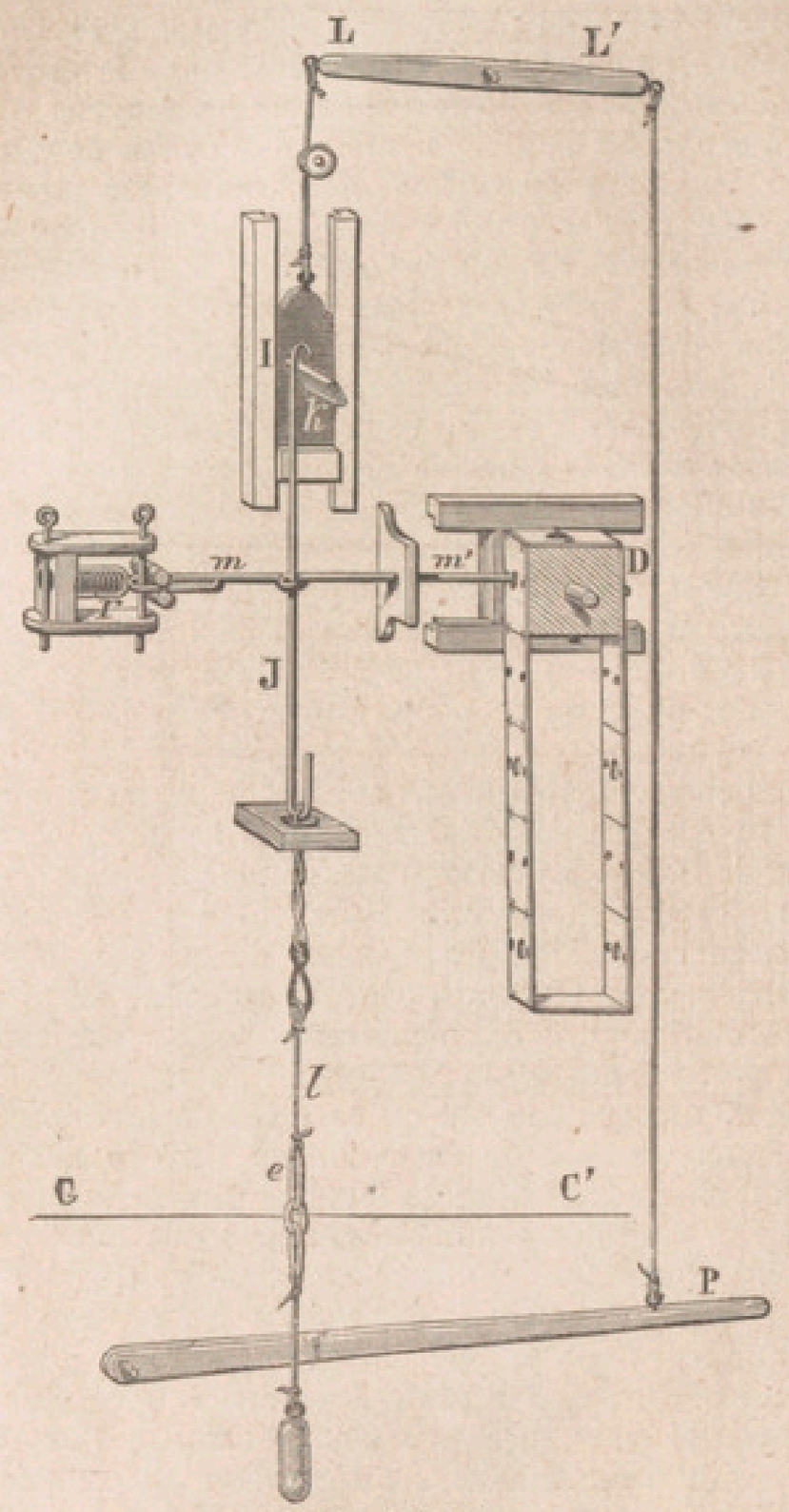


Fig. 2500.

où les éléments sont disposés dans le seul but d'en bien montrer le fonctionnement. Chaque fil horizontal *cc'* de la chaîne passe dans un maillon porté par un fil vertical *ll'*, dit *lissette*, suspendu à une tige verticale J, terminé à sa partie supérieure par un crochet I, dit *bec de corbin*. Pour lever le fil de chaîne, il suffira que le crochet soit pris par la griffe *k* au moment où, appuyant sur la pédale unique P, l'ouvrier soulèvera cette griffe, par l'intermédiaire du levier L L'. Si à ce moment le crochet au lieu d'être vertical était dévié en arrière, il est clair qu'un mouvement d'élévation de la griffe ne soulèverait pas le fil de la chaîne.

La question se ramène ainsi à dévier le crochet de tout fil de chaîne qui ne doit pas être dévié pour le passage d'une duite déterminée. A cet effet, cette tige traverse un anneau pratiqué dans une aiguille horizontale *mm*; à l'extrémité de gauche de cette aiguille est un ressort *r* qui, poussant l'aiguille, maintient le crochet dans la verticale. Si on repousse l'aiguille par son extrémité, en pressant sur le ressort, celui-ci cédera et le crochet déviera ainsi qu'il est demandé. Or, devant cette extrémité se trouve une pièce mobile B, dite *cylindre*, percée de trous laissant passer l'aiguille, et, par suite, ne la déviant pas quand le fil correspondant doit être levé. Si on bouchait ce trou, le fil resterait en repos. Cet effet de repos ou de mouvement est produit, ainsi que cela doit avoir lieu suivant le dessin à reproduire, à l'aide d'un carton perforé en certains endroits en raison du dessin, par l'opération du *lisage*, qui vient, pour chaque duite, s'interposer entre le cylindre et les aiguilles.

Le principe établi, nous n'aurons que peu à dire pour faire comprendre le fonctionnement de la Jacquard telle qu'elle est établie industriellement.

La figure 2501 représente une vue de face du métier.

La figure 2502 est une vue de côté du métier en repos, et la figure 2503 une vue de côté pendant le travail.

Les fils de la chaîne sont passés dans ses maillons solides en verre ou de toute autre matière que portent les crochets *ll*. Chaque aiguille verticale J passe dans une boucle ou anneau formé dans une aiguille horizontale correspondante K.

Il n'est pas un dessin, si compliqué qu'il soit, qui ne présente des parties semblables, et par conséquent des points différents au tissu, où plusieurs fils doivent être soulevés ou rester immobiles en même temps sur la même ligne ou duite. On a soin d'assembler toutes les lisses portant des fils qui ont les mêmes fonctions, pour les attacher à une même petite corde qu'on nomme *arcade*, et on fait passer chacune dans un trou correspondant de la planche d'*arcades*, pour l'attacher ensuite à une aiguille verticale, après avoir traversé une nouvelle traverse percée de trous, comme la première. Cette seconde se nomme planche à *collet*. (Nous donnerons les règles à suivre pour effectuer ces passages, en parlant des empoutages.)

Toutes les aiguilles verticales ou crochets, qui sont en nombre égal à celui des arcades, reposent à leurs extrémités supérieures, comme nous l'avons vu, sur autant de lames fixes qu'il y a d'aiguilles. Il y a autant de ces crochets verticaux, et par conséquent d'aiguilles horizontales correspondantes, qu'il y a de trous dans la planche d'arcades, et ces rangées sont disposées dans le même ordre, et en rapport avec celles-ci et celles de la planche à collet. Les aiguilles horizontales correspondantes peuvent entrer, par l'une de leurs extrémités, dans les creux ménagés dans une espèce d'étui fixe, formé par des diaphragmes assemblés par un boulon qui traverse les deux pièces *q*, *q*, qu'on peut démonter à volonté. Il y a autant de ces creux qu'il y a de rangées d'aiguilles horizontales, et dans le fond de chacun d'eux on a disposé un ressort *r*. Ces vides sont destinés à recevoir les extrémités des aiguilles horizontales repoussées, qui sont toutes passées dans un crochet vertical, et les ressorts ont pour but de réagir contre elles pour les faire revenir à leur position primitive au moment voulu.

En regard de l'étui se trouve un prisme carré en bois, qui est percé d'autant de trous qu'il y a d'aiguilles; chacun correspond à une aiguille horizontale du métier; contre les faces se trouvent appliqués des cartons *a*, *a*, fig. 2504, en plus ou moins grand nombre suivant la

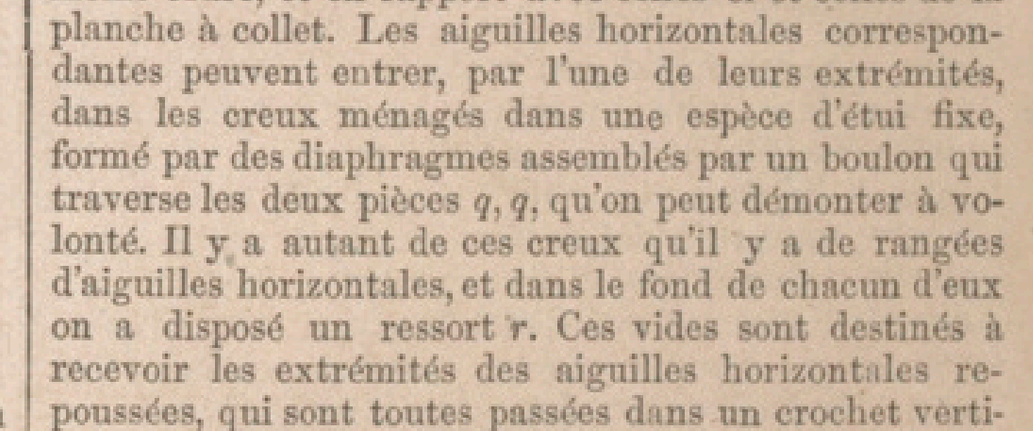


Fig. 2504.

complication du dessin à faire; c'est en effet sur eux qu'on a percé, par le lisage décrit précédemment, les trous qui devaient correspondre aux maillons à soulever. L'ensemble des trous de chaque carton, dont la longueur est égale à l'un des côtés du prisme, représente le nombre de crochets verticaux à soulever pour former la partie d'un dessin comprise dans une duite. On voit, en un mot,

TISSAGE.

que les cartons sont percés de façon que les trous exigés par le dessin correspondent à ceux du prisme; tous les autres de celui-ci sont recouverts par les parties pleines du carton.

Les aiguilles horizontales qui se présenteront aux trous pénétreront dans le prisme, et les crochets correspondants resteront sur leurs lames respectives pour être levés. Celles, au contraire, qui rencontrent les parties pleines du carton, seront repoussées contre les ressorts et les crochets verticaux qu'elles portent seront enlevés des lames et laisseront les fils qui y sont attachés en repos. Cette position est indiquée dans la fig. 2503. On voit que les crochets 1, 2, 4, 7, sont restés sur leurs lames, tandis que 3, 5, 6, 8, ont dévié, par la résistance que les parties pleines ont présentée aux aiguilles.

Il nous reste à indiquer maintenant comment s'opèrent les mouvements dans les différents temps.

Toutes les lames horizontales sont assemblées à une pièce mobile *g*, qu'on nomme la *griffe*, et qui peut monter et descendre des deux côtés dans des coulisses à l'intérieur de petits montants. La partie mobile E porte une pièce en fer H terminée par un galet *j*. Lorsque la griffe monte, et cette pièce avec elle, la roulette *j* est obligée de s'appuyer contre les courbes du ressort C, dont une des branches est fixée contre le levier qui porte le prisme et les cartons, et qui peut prendre un mouvement autour du point B. L'ensemble de ce système, levier et ressort, est nommé *presse*. Lorsque le galet *j* monte, il exerce une pression contre la courbe C, et force le prisme de s'écarter des aiguilles, et à prendre alors la position indiquée fig. 2503. Lorsqu'au contraire la griffe redescend, le levier et le prisme reviennent de nouveau à leur position primitive, indiquée fig. 2502.

La commande générale du métier se comprendra en jetant un coup d'œil sur les figures 2501 et 2502. L'ouvrier, en posant le pied sur une marche, fait enrouler une corde autour d'une poulie, et fait tourner un petit arbre sur ses tourillons; celui-ci porte deux petits manchons dans des boîtes, autour desquelles s'enveloppent les chaînes ou courroies attachées à la griffe *q*, qui reçoit par conséquent son mouvement ascensionnel, et enlève les crochets qui n'ont pas été repoussés par le prisme et son carton. Pendant que la griffe monte, l'ouvrier chasse la navette comme à l'ordinaire, et bat la trame par le battant: on laisse redescendre le système, et lorsqu'il est revenu à sa position primitive, les ressorts, après la disparition de la résistance du carton et du prisme, ont réagi contre les aiguilles qui les avaient

Fig. 2501.

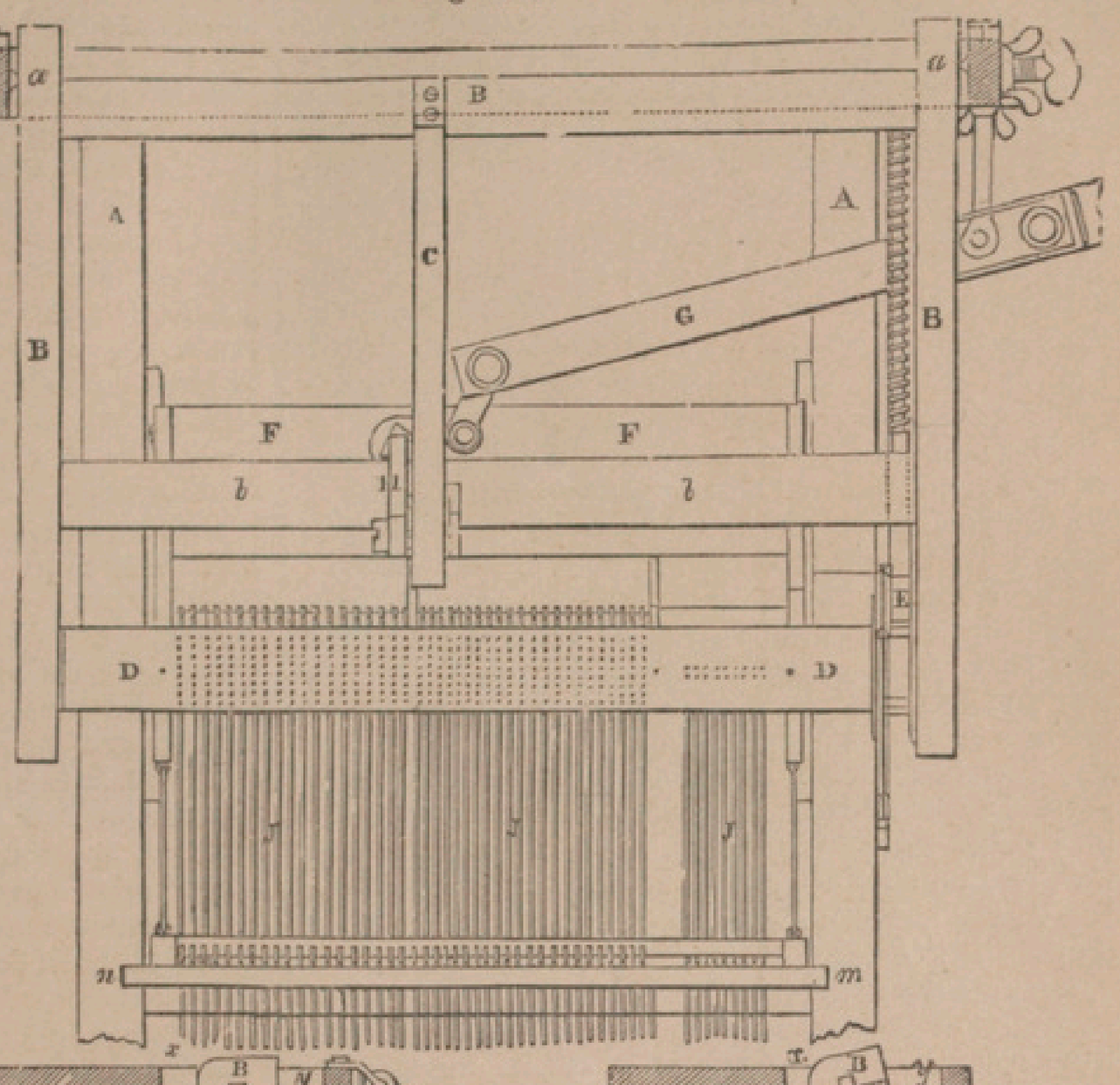


Fig. 2502.

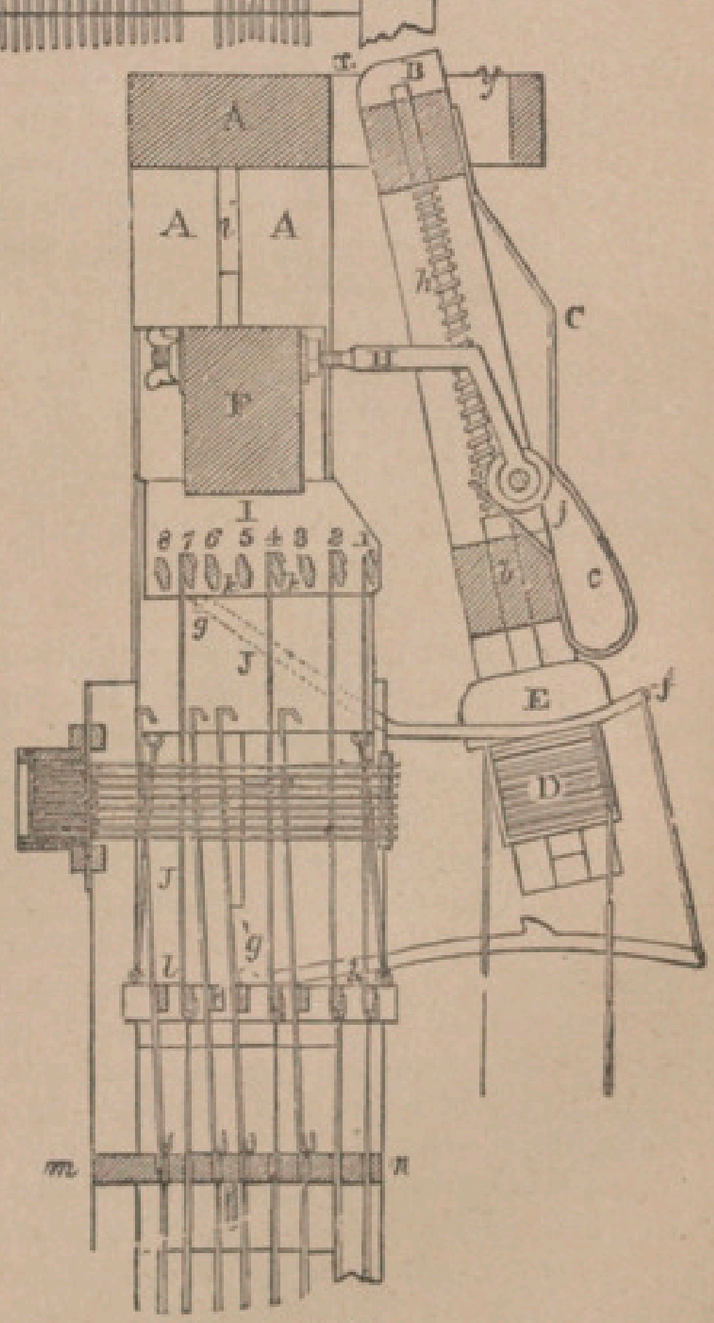


Fig. 2503.

TISSAGE.

comprimés, et celles-ci sont revenues à leur première position, les crochets ont repris d'eux-mêmes leurs places sur les lames, et tout est prêt de nouveau pour recommencer le même mouvement.

Mais, à chaque mouvement, c'est un nouveau carton qui se présente pour repousser les aiguilles qui ne le sont, pour ainsi dire, jamais dans le même ordre. Afin que cette succession de cartons se fasse bien régulièrement, ils sont enlacés les uns aux autres de manière à former une chaîne sans fin, comme on le voit dans la fig. 2504. Cette espèce de chaîne a, à ses extrémités, des trous dans lesquels s'engagent de petites cames que porte le prisme et qui la font avancer. Le quart de révolution que le prisme lui-même doit faire à cet effet est commandé par les mâchoires qui le saisissent par ses lanternes, disposées à son extrémité; cette impulsion est donnée par une corde passant sur une petite poulie qui se trouve sur l'arbre de la presse.

Nous ne nous arrêtons pas aux autres dispositions de ce métier, qui n'offrent rien de particulier. Le bâti T T est composé de montants et de traverses solidement assemblés et maintenus par des ferrures boulonnées.

Depuis l'emploi du métier à la Jacquard, on a tenté d'y apporter des modifications de toute espèce, mais sans pouvoir rien changer au principe fondamental ; on en a étendu l'application à de nombreux articles pour lesquels on l'avait d'abord jugé insuffisant; pour toutes les spécialités, on est parvenu à en tirer un heureux parti. Le tissage mécanique des étoffes façonnées, des plus riches tapis basses-lisses, des tulles même, a profité plus ou moins de cette magnifique invention qui est loin encore d'avoir rendu tous les services qu'on est en droit d'en attendre.

Les améliorations qu'on a constamment tentées ont eu pour but les moyens de manœuvrer les maillons et leurs plombs, de faire mouvoir le métier mécaniquement, d'assurer davantage le jeu parfait des aiguilles. On est arrivé aussi à diminuer le nombre des aiguilles nécessaires pour produire un effet donné; mais ces derniers résultats tiennent plutôt à des combinaisons de commandes ou d'empoutages, qu'à la machine elle-même. La dépense assez considérable de cartons qu'on est obligé de faire, quand on a des dessins compliqués, a fait chercher souvent un autre moyen. On avait proposé de les remplacer par des feuilles de fort papier. Cette innovation, qui avait d'abord eu quelques succès, a été cependant généralement abandonnée; mais, grâce à de nouveaux perfectionnements, elle est arrivée à devenir pratique.

Le métier Jacquard, dans son état primitif, fonctionnait péniblement; mais sa vue suffisait pour faire comprendre tous les avantages que l'industrie textile devait retirer de l'heureuse combinaison des *cartons* et du *cylindre percé,* de l'*aiguille* commandée par le carton, et du *crochet* aboutissant aux fils de la chaîne, dans un métier conduit par un seul ouvrier.

Les additions de détail qui en assurèrent le succès vinrent bientôt compléter l'invention première; à savoir : l'*étui* servant à pousser continuellement l'aiguille contre les cartons (Breton, 1805); les *valets* pour tenir le cylindre juste en face des aiguilles; la *grille de bois,* si simple et si utile pour empêcher les crochets de tourner, et qui permit de délivrer la machine des embarrassantes plaques de fer-blanc qui séparaient les crochets; la *pièce cintrée* et la *pression,* objets indispensables pour le jeu régulier du battant; des *vis de rappel* pour pouvoir régler le battant ainsi que le cylindre; enfin la disposition de la griffe et des jumelles de manière à pouvoir inspecter toutes les parties de la machine.

Après ces perfectionnements, exécutés la plupart par Breton de 1807 à 1815, l'amélioration la plus importante fut celle apportée par M. Bosche pour l'exécution des châles, la *mécanique-brisée*, qui, en divisant les crochets en deux séries, a diminué le nombre des mouvements, et la *mécanique-armure* qui, par l'action de chaque crochet sur deux fils, assure la solide croisure du fond.

Les recherches se portent aujourd'hui dans une voie que nous ferons apprécier en disant quelques mots du métier de M. F. Durand, bien qu'il n'ait pas été adopté dans la pratique, pour produire, dans des conditions tout à fait semblables à celle de l'espoulinage, les tissus façonnés les plus compliqués. Les tentatives faites jusqu'ici reposent, en général, sur des appareils connus sous le nom de BATTANTS-BROCHEURS; mais, comme ils ne peuvent exécuter que des dessins disposés d'une manière spéciale, leur usage présente de la lenteur et occasionne en partie les frais qu'entraîne le travail des Orientaux.

Loin de modifier le principe du métier Jacquard, l'inventeur a eu l'heureuse inspiration d'en étendre les services en le chargeant de nouvelles fonctions. A la série des crochets ordinaires, destinés au mouvement des fils de la chaîne, pour livrer passage à la trame dans une direction uniforme et continue d'une lisière à l'autre, M. Durand ajoute une autre série de crochets, destinés à faire pour la trame ce que ceux du système Jacquard n'ont exécuté jusqu'ici qu'en vue de la chaîne.

Ces crochets pour le service de la trame portent, à l'extrémité inférieure, une petite bobine. Lorsqu'une couleur est demandée en un point quelconque, le crochet avec la bobine de la couleur demandée s'abaisse spontanément à l'endroit convenable. Supposons, par exemple, que six fils, sur une chaîne de mille, doivent être entrelacés par un fil de couleur quelconque, ces fils seront soulevés comme à l'ordinaire par le mécanisme Jacquard, et en regard du premier de ces six fils, à une hauteur correspondante au plan passant par le milieu de l'angle formé par ces fils et ceux de la chaîne restés immobiles, le même mécanisme et le même carton qui a fait soulever ces six fils feront abaisser: 1° un crochet-bobine avec la couleur voulue; 2° un second crochet-bobine vide après le sixième fil. Les choses étant en cet état, une navette est chassée comme à l'ordinaire: seulement cette navette à son départ n'est pas chargée de trame, attendu que dans sa course elle enlève la bobine du crochet qui l'attend et développe ce fil jusqu'à ce qu'elle rencontre le second crochet-bobine vide qui lui reprend la bobine, puis les deux crochets remontent spontanément à leur position initiale.

Métier à la barre. Ici se termine ce que nous avons cru nécessaire de dire des métiers à tisser à basses-lisses. Il n'est pas une machine de cette espèce qu'on ne parvienne à comprendre facilement, si on s'est pénétré des principes que nous venons d'exposer, et si on a bien suivi la description des mécanismes. Les métiers qui paraîtraient s'éloigner le plus, au premier coup d'œil, de ceux que nous venons de décrire, pourront, après un examen comparatif de quelques instants, leur être assimilés. Celui destiné à tisser plusieurs rubans à la fois, et qu'on connaît sous le nom de *métier à la barre*, va nous en offrir une preuve.

A la première vue, il ne présente de ressemblance avec aucun autre; il n'a presque pas de hauteur, sa largeur est considérable; toutes ses commandes sont en dehors du bâti aux deux extrémités. Mais, si l'on veut faire abstraction de son ensemble, suivre avec quelque attention le travail exécuté pour un seul ruban, si celui-ci est simple, son tissage ne diffère en rien de celui de la toile; s'il est façonné, les moyens sont ceux que nous avons décrits pour les dessins exécutés au tissage; on se convaincra enfin que la particularité apparente que présente ce métier ne tient qu'à la répétition de plusieurs petites chaînes, et par conséquent d'autant de rubans sur un même bâti. Un seul en exécute souvent jusqu'à dix à la fois avec une seule transmission de mouvement. M. Vayson a fait bien

des essais pour appliquer au tissage ordinaire le système à la barre, au moyen duquel on pourrait produire des étoffes d'une très-grande largeur, avec régularité, et sans qu'il y ait besoin d'augmenter la force.

Montage du métier à la Jacquart. L'étude du montage des métiers à tisser les étoffes unies ne pouvant plus présenter de difficultés, après ce qui a été dit du remettage, des armures, du pliage et du montage des chaînes, nous allons passer de suite aux considérations concernant les tissus façonnés. Monter un métier à la Jacquart, c'est établir la communication de tous les fils de la chaîne avec les aiguilles verticales ou crochets de la mécanique.

L'opération du montage comprend celles de l'*empoutage*, du *colletage*, du *pendage*, de l'*enverjure* et du *remettage*.

Pour mieux faire saisir ce que nous allons dire, rappelons succinctement les différentes parties d'un métier à la Jacquart : au-dessus de la chaîne se trouve la planche à *arcades*, qui est horizontale, de la largeur du métier, percée d'autant de trous au moins que les fils exigeront de maillons. Ces trous sont disposés en quinconce. Au-dessus de cette première planche est placée celle à collet tenant à la mécanique, et ayant également autant d'ouvertures qu'il y a de crochets; elle se trouve au-dessus de la griffe. Ces deux planches, dans les trous desquelles il faut faire passer les maillons avant de les fixer aux crochets, sont nécessaires pour assigner les places relatives de tous les fils de la chaîne et assurer la régularité de leur mouvement.

Empoutage. L'opération qui a pour but de faire passer les arcades à travers ces deux planches, dans l'ordre le plus convenable pour l'effet à produire, tel qu'il a été demandé par la disposition générale, est ce que l'on nomme *empoutage*.

Quel que soit le genre de tissu façonné produit, le nombre de fils de la chaîne est toujours bien supérieur à celui des aiguilles d'une mécanique; il faut donc que plusieurs soient mus par le même crochet. Lorsqu'il s'agit d'exécuter des dessins courants, c'est-à-dire de répéter sur toute la surface de la pièce les mêmes effets, la distribution des arcades pour chaque corde et chaque crochet ne peut présenter aucune difficulté; on divise le nombre de maillons par celui des crochets, le quotient donne la quantité d'arcades à fixer à chacun d'eux. Chaque réunion d'arcades qu'on désigne sous le nom de *raccords*, sert à former une partie de l'ensemble du dessin; le nombre de trous nécessaire à un raccord se nomme *chemin*. Dans tout dessin, on peut distinguer le croisement du fond de celui de la fleur ou du façonné. La liaison de celui-là provient de l'ordre général du croisement de l'armure adoptée; cet entrelacement est, par conséquent, régulier pour chaque duite sur la largeur du tissu. Le façonné est également produit par des circonvolutions de la trame avec la chaîne; mais celles-ci, au lieu de se répéter d'une manière régulière pour chaque course de trame, sont déterminées par le mouvement des aiguilles, tel qu'il est commandé par la mise en carte et le lisage du dessin. On exécute les deux espèces de croisements alternativement, et l'on obtient ainsi une liaison plus intime entre le corps et les parties du dessin. Les arcades doivent donc produire une *armure* fondamentale et suivie sur toute la surface de l'étoffe.

Il faut en conséquence que *le nombre des arcades d'un chemin soit égal ou multiple de celui des lisses que l'armure exige*. C'est là une condition qu'il est toujours facile d'exécuter.

Un exemple va rendre ces considérations plus claires : soit A, B, C, D, un plan horizontal de la planche percée d'un nombre de trous suffisants pour les arcades. Le côté A B est sa largeur, et celui A C sa hauteur. Les trous sont comptés à partir du point A, jusqu'en D, où se

trouve par conséquent le dernier. Supposons maintenant qu'on ait un dessin courant à empouter et que les dispositions générales aient les éléments suivants:

Une mécanique à la Jacquart, de 400 crochets, une chaîne de 2400 fils, sur une largeur de $0^m,80$, avec un peigne de 48 dents par $0^m,27$ de largeur.

On divise le nombre des fils de la chaîne par celui des crochets ou 2,400 par 400, ce qui donne 6 pour le nombre de chemins; on prend alors sur la planche d'arcade A, B, C, D, une largeur de $0^m,80$, espace occupé par la chaîne, et l'on marque le trou par lequel l'empoutage doit être commencé et celui par où il doit finir. On partage l'intervalle en autant de parties égales que l'on a de chemins à empouter; chacun d'eux comprend ordinairement plus de trous qu'il n'en faut. On en laisse alors d'inoccupés sur les rangs de la hauteur, tandis que ceux de la largeur sont passés régulièrement. Si la mécanique a, comme ici, 400 crochets, il n'y aura par conséquent que 400 cordes; et s'il y a par exemple 20 trous sur une rangée de la largeur d'un chemin, il faudra que ceux de la hauteur aient également chacun 20 trous puisque $20 \times 20 = 400$. On en laissera un ou deux vides entre chaque corde suivant la quantité de la planche. Si on avait d'autres nombres pour les crochets ou pour les trous, on procéderait d'une manière analogue. Le problème à résoudre se borne toujours à trouver l'un des deux facteurs, dont l'autre et le produit sont connus. Le facteur à chercher est le nombre de trous des rangées en hauteur; celui connu est la quantité en largeur, et le produit est toujours le nombre des crochets de la mécanique. Il faut toujours avoir soin de combiner les éléments de telle sorte que le nombre des trous en hauteur soit pair, par les raisons que nous avons déjà indiquées précédemment. Cette condition peut facilement être obtenue, en faisant varier l'un des facteurs : on place une corde au premier trou de tous les chemins; toutes ces cordes sont attachées au premier collet de la machine : on en fixe au n° 2 de tous les chemins du deuxième collet, et ainsi de suite. Lorsque douze cordes d'une hauteur sont empoutées, on place la treizième à droite, sur le rang suivant; on continue dans cet ordre jusqu'à ce que l'empoutage soit terminé.

La méthode dont nous venons de parler est désignée en termes de fabrique sous le nom d'*empoutage suivi ordinaire*. Pour l'effectuer très facilement, on suspend toutes les arcades à une tringle, au-dessus de la planche à empouter. On fait ensuite glisser chacune successivement sur la tringle, jusqu'au-dessus du trou qu'elle doit occuper pour la faire passer dedans. Quand tous les trous destinés à la même corde sont garnis, on procède de même pour l'empoutage de toutes les autres. Lorsqu'il est terminé on boucle les cordes par deux cents à peu près, au-dessus de la planche; on suspend celle-ci au métier pour passer au colletage, qui a pour objet d'introduire chaque corde dans le collet correspondant qui lui est réservé, en commençant par la gauche. On laisse ordinairement en avant de la machine un rang de trous vides qu'on destine aux arcades des lisières et à celles qui doivent commander les changements de navettes et faire mouvoir la sonnette pour avertir de ces changements. Ce n'est qu'après cette dernière opération qu'on fixe les plombs à chaque arcade, en les y attachant au moyen de boucles; c'est ce que l'on désigne sous le nom de *pendage*. Il faut avoir soin d'attacher tous les petits poids à la même hauteur afin que la traction qu'ils exercent soit la même, autant que possible, sur tous les fils: nous disons autant que possible, car il est difficile qu'elle soit égale à cause des inclinaisons différentes des maillons. Après le pendage et l'appareillage, vient l'enverjure ou croisement, dont le but est de bien assurer aux arcades leurs places respectives, pour faciliter le remettage; on croise la première corde sur deux doigts de la main gauche, on opère ensuite avec la deuxième sur

les mêmes doigts en sens opposé. Quand on a fait un rang, la première corde du deuxième rang doit tomber sur le même doigt et dans le même sens que celle qui a été enverjée au moyen d'une corde qu'on passe à la place des doigts, et lorsque les maillons sont tous enverjés, on remplace les cordes par des tringles.

Remettage. Une fois les arcades enverjées, le remettage se fait facilement. On passe les fils dans les maillons qui se présentent successivement dans l'ordre de l'enverjure ; on les insère ensuite entre les dents du peigne, et on ajuste le métier de manière à pouvoir commencer le tissage.

Pour monter un métier, quelle que soit d'ailleurs l'étoffe façonnée à produire, il faut toujours exécuter les différentes opérations que nous venons d'indiquer. La seule modification qu'on apporte au montage consiste dans l'ordre adopté pour le passage des arcades dans la planche, c'est-à-dire dans l'empoutage. Les empoutages peuvent, en effet, varier avec les dispositions des dessins à monter, avec l'espèce d'étoffe et sa réduction.

Quelques mots vont suffire pour faire comprendre la nécessité de ces changements.

En effet, au lieu d'un dessin courant comme celui que nous avons supposé précédemment, on pourrait en avoir un qui présentât une rosace, ou une palme au milieu, et des ornements aux coins, disposés symétriquement en regard les uns des autres, comme cela arrive fréquemment pour certains châles, pour des tapis d'ameublement ; on ne pourrait plus alors procéder par l'empoutage suivi, il faudrait décomposer pour ainsi dire le dessin, et au lieu de commencer l'opération par le n° 1, à gauche de la planche, le faire par le milieu. On empouterait cette partie de la rosace ou de la palme comme s'il s'agissait d'un dessin courant. L'empoutage doit être le même pour les quatre coins en regard, avec la seule différence que la disposition des arcades doit être établie en sens opposé. Il suffit pour cela, lorsqu'un quart du châle est empouté, de faire revenir sur eux-mêmes quatre fois de suite, les cartons percés par l'un des quarts, sans cela les ornements qui doivent se présenter symétriquement, comme deux portraits qui font *pendant*, seraient au contraire dirigés dans le même sens. La figure que prend le genre dont nous parlons, lui a fait donner le nom d'*empoutage à pointe et retour*. On comprend donc qu'il pourrait se présenter une infinité de cas différents.

Tous les empoutages peuvent être ramenés à quelques principaux types avec lesquels il suffit d'être familiarisé pour pouvoir résoudre tous les cas possibles. Nous avons déjà parlé de l'empoutage suivi et ordinaire, de celui à pointe et retour; on connaît encore l'*empoutage combiné*, formé, comme son nom l'indique, par la réunion des précédents. L'*empoutage sur deux corps*, ou deux différents réunis pour exécuter le même tissu, est à *deux corps dont l'un est interrompu*, et ne reçoit ses arcades que de distance en distance, tandis que l'autre est empouté régulièrement. Le système à plusieurs corps est indispensable pour certains tissus façonnés, comme les gazes, le velours, par exemple, pour lesquels il faut toujours empouter séparément les fils de la chaîne du fond, et ceux de la chaîne pour poil ou pour produire les jours, comme nous l'avons déjà fait observer en parlant des armures. On commence alors l'opération par la chaîne du fond. Ces empoutages peuvent d'ailleurs varier avec chaque corps, quel qu'en soit le nombre.

L'*empoutage à quatre corps* n'est pas un cas spécial de celui que nous venons de mentionner, car c'en est simplement un suivi ordinaire qu'on a divisé en quatre parties égales et distancées ; on l'emploie pour les chaînes à très forte réduction, afin de ne pas rapprocher autant les fils et de faciliter leur mouvement.

Il serait impossible d'entrer dans plus de détails au sujet des différents empoutages dans cet article, où nous nous sommes plutôt proposé de bien faire saisir les principes des opérations que d'initier le lecteur à tous les soins minutieux qu'exige l'exécution, et dont l'expérience seule peut démontrer la nécessité. Nous devons faire observer seulement qu'il y a deux principales distinctions à faire dans les modes d'empoutages suivant que le dessin a été mis en carte, et lu sur du papier quadrillé ordinaire, dont chaque carreau représente un fil, ou suivant qu'on s'est servi du papier briqueté. Dans le premier cas on emploie une mécanique à la Jacquart, telle que nous l'avons décrite ; dans le second, il faut avoir recours soit à deux mécaniques distinctes, mues alternativement par la même communication de mouvement, soit à une seule, dont chaque aiguille horizontale est munie de deux anneaux au lieu d'un. Dans les deux cas les crochets qui appartiennent aux deux mécaniques ou à la même sont considérés comme formant deux systèmes, un système de crochets pairs et un d'impairs.

Lorsqu'il y a deux mécaniques, celle placée sur le derrière est considérée comme l'impaire, et celle du devant comme la paire. Quand on ne se sert que d'une mécanique à *garniture double* d'aiguilles, elle prend le nom de *mécanique brisée*, et la garniture du côté de *l'étui* est désignée comme impaire, et celle du côté du prisme, comme paire. Pour la *mécanique brisée*, la griffe se compose de deux parties qui se meuvent alternativement de manière à n'enlever à la fois qu'une des garnitures.

Quoique ces deux modes d'empoutage des châles soient indistinctement employés dans les différentes villes de fabriques, on désigne communément sous le nom de *montage à la lyonnaise*, celui qui fait usage de deux mécaniques. Celui par la mécanique brisée est désigné sous le nom de *montage à la parisienne*.

Le but de ces deux systèmes de montage consiste également à produire des découpures fil à fil avec le moins de crochets possible. Ce résultat est en effet obtenu en fixant un seul maillon à deux crochets différents qui peuvent se mouvoir indépendamment l'un de l'autre, car chaque maillon est susceptible d'être soulevé à volonté par les aiguilles paires ou impaires du système. Le même maillon peut donc travailler deux fois de suite, avec les fils qu'il porte pour produire des effets différents. Or, si leur nombre est de deux et qu'on les ait en même temps fait passer dans des lisses de rabat, on pourra de cette façon produire des découpures fil à fil, et par conséquent les contours les plus déliés possible. Pour arriver au même résultat avec une mécanique ordinaire il faudrait employer un nombre double de crochets.

Les métiers pour châles exigent une disposition qui permette à l'ouvrier de faire arriver deux fois de suite les cartons nécessaires à tisser une passée. En effet, dans les cartons percés d'après la lecture faite sur le papier briqueté, chaque division, excepté la première d'un rang, représente deux cordes ; chaque trou doit donc faire mouvoir deux crochets, l'un de la mécanique paire et l'autre de celle impaire, et il faut que chaque carton serve deux fois, qu'il s'applique une fois contre les aiguilles paires et une fois contre les impaires. Cela aurait toujours lieu ainsi si une passée ne se composait que de deux duites ou deux passages ; mais comme elle est le plus communément formée de plusieurs *lace* ou *couleurs*, on chasse successivement la duite de chaque nuance, et ce n'est qu'après le tissage de la passée entière, avec l'un des systèmes d'aiguilles, que l'on fait revenir les mêmes cartons pour les appliquer sur l'autre. Le moyen mécanique employé pour faire revenir les cartons d'une passée sur eux-mêmes et les faire appliquer successi-

TISSAGE.

vement sur les deux systèmes d'aiguilles est très simple, il est connu dans les fabriques de châles sous le nom de mécanisme du *déroulage*. Il consiste dans une poulie à gorge fixée sur le bouton du prisme sur lequel les cartons sont placés. Cette poulie peut être folle et fixe à volonté, suivant que l'ouvrier agit dans un sens ou l'autre sur une corde attachée à la poulie. Si nous la supposons folle lors d'une passée, l'ouvrier la rendra fixe en l'engrenant pour l'autre de manière à faire revenir les cartons qui ont déjà travaillé sur eux-mêmes. Si la passée se composait, par exemple, de six cartons, soit les nos 1 à 6, lorsque le sixième aura travaillé, on les fera revenir tous sur eux-mêmes de façon à les faire de nouveau appliquer sur le cylindre en recommençant par le n° 1 et contre les aiguilles; mais cette fois l'action se communiquera au système d'aiguilles qui n'a pas fonctionné encore sous l'impulsion de ces six cartons. L'application alternative du prisme contre les deux séries d'aiguilles ne peut présenter aucune difficulté.

Tous les mouvements, pour ainsi dire accessoires d'un métier à faire les châles, tels que celui du déroutage, celui des lisses de levée ou de rabat et de liage, sont ordinairement commandés par la manœuvre d'une seule marche, appliquée à une petite mécanique supplémentaire qu'on connaît sous le nom de *mécanique à armures*. Le nombre des crochets de cette machine est restreint, ses fonctions se bornant à commander les mouvements supplémentaires dont nous venons de parler.

La vue de l'ensemble des dispositions suffira pour faire comprendre les fonctions de chaque partie d'après ce que nous venons de dire.

Parmi les différentes industries nationales, c'est aux plus récentes que le métier à la Jacquart paraît avoir rendu le plus de services. Nous voulons parler surtout de la fabrication du linge damassé, des châles et des tapis nommés moquettes anglaises. La première, arrivée au degré de perfection qu'on lui a donné dans ces derniers temps, peut réellement être assimilée à une industrie nouvelle. C'est par la connaissance profonde du tissage des étoffes façonnées que M. Feray d'Essonne est parvenu à exécuter des services de table, qui ne laissent rien à désirer sous le rapport de l'élégance et de la parfaite exécution des dessins.

Notre belle industrie des châles si récente, est cependant celle qui a tiré le plus grand parti de l'invention de Jacquart. Nous n'avons pu donner que les principes fondamentaux et la description des dispositions les plus usitées, car chaque jour est témoin de nouvelles modifications heureuses.

Les hommes habiles qui sont à la tête de cette industrie rivalisent d'efforts pour arriver à la perfection des produits en simplifiant les moyens. Nous avons vu fonctionner chez MM. Godemard et Meynier, à Lyon, un métier pour châles faisant des découpures fil à fil sans l'entremise *d'aucune* lisse, et n'exigeant qu'un nombre de crochets moitié moindre. Ce résultat est obtenu par les inventeurs au moyen de quelques légères modifications dans la disposition du mécanisme combiné avec un empoutage nouveau et très rationnel. Une autre tentative, que nous ne devons pas passer sous silence, est celle qu'on a faite à plusieurs reprises pour tisser deux châles à la fois afin de diminuer la perte de matière.

Ce qui a été dit précédemment peut faire comprendre a cause de cette perte Une passée, avons-nous dit, se compose d'autant de duites superposées les unes aux autres qu'il y a de couleurs différentes. Or, chaque duite chassée par la navette volante passe sur toute la largeur de la chaîne; elle ne doit cependant apparaître qu'en certains points, et se trouve par conséquent cachée en tous les autres; elle passe alors à l'envers et forme ce qu'on nomme une *bride* ou *floche*. Il en résulte par conséquent de nombreuses brides lorsque le tissu est terminé. Elles sont non seulement inutiles, mais elles rendraient le châle d'un poids incommode, si on ne les enlevait par un découpage à l'envers qui supprime tous les fils inutiles et diminue souvent le poids des châles de plus des 2/3; c'est donc une quantité considérable de laine qui se trouve perdue. Pour obvier à cet inconvénient, plusieurs fabricants ont cherché à tisser deux châles à la fois, de manière à faire servir les brides de l'un pour former la fleur de l'autre, en séparant ensuite les deux tissus par leur milieu, au moyen d'une machine spéciale à découper. A la dernière exposition, on a vu des châles tissés de cette façon, et provenant de deux maisons différentes. La chaîne dans ce cas est composée d'un nombre de portées et par conséquent de fils égal à celui que nécessiteraient les deux chaînes. Celles-ci sont empoutées sur deux mécaniques et passées dans 8 lisses au lieu de 4; une petite à armure fait mouvoir les 8 lisses dans l'ordre voulu pour effectuer alternativement le croisement Batavia de chaque tissu. Les mouvements des fils ont lieu de manière que ceux appartenant à une chaîne lèvent pendant que ceux de l'autre baissent.

Ces deux châles ne nécessitent qu'une seule mise en carte, et un seul lisage dont on tire deux exemplaires, ne différant entre eux que par l'ordre des couleurs, puisque celles qui doivent former l'endroit de l'un des tissus forment l'envers de l'autre. Il y a donc aussi économie de mise en carte et de lisage. Leur séparation est fort délicate, car le moindre accident dans le découpage peut causer un grand préjudice à l'étoffe. Aussi a-t-on apporté les plus grands soins à la construction des machines à découper; celle qui nous a paru la plus satisfaisante est la machine de MM. Boas frères dont le principe peut être expliqué en quelques mots.

Le double tissu à *fendre* dans son épaisseur est enroulé sur un cylindre d'où il se développe sur une table servant de point d'appui. Cette division est opérée par une espèce de lame de scie fixe ayant la largeur du tissu. A celle-ci est adapté un certain nombre de couteaux pointus qui ont un mouvement de va-et-vient dans le sens de la largeur du châle; les dents de la scie entament les brides, et le mouvement des couteaux finit le découpage; à mesure que la séparation a lieu, chaque tissu va s'enrouler sur un cylindre séparé; pour que l'opération réussisse bien, il est nécessaire que l'étoffe soit parfaitement tendue.

Le tissage de deux châles à la fois paraît être plutôt destiné aux châles ordinaires et à bon marché qu'aux riches. Ceux-ci, en effet, pour rivaliser avec ceux des Indes, exigent une grande perfection de travail à laquelle il est difficile de pouvoir arriver dans le tissage des étoffes doubles où l'une des surfaces ne peut être examinée qu'après son entière exécution.

L'aspect que présente l'envers des châles français est un des caractères les plus tranchés qui peuvent les faire distinguer de ceux si vantés des Indes. Le travail de ces derniers ne forme pas de bride et ne nécessite par conséquent pas de découpage. Le châle de l'Inde est tissé comme une espèce de tapisserie. Le fuseau remplace la navette volante. On se sert d'autant de fuseaux ou espoulins que de couleurs différentes. Chaque fil suit tous les contours du dessin qu'il doit former et ne sert qu'à ce contour; l'entrelacement des différents fils entre eux a lieu d'une manière analogue à celui exécuté par la formation des points dans le travail de la tapisserie à hautes lisses; seulement ces tissus sont formés par bandes qui sont cousues ensemble après leur confection. Les châles indiens présentent donc moins de déchets et beaucoup plus de solidité que les nôtres, puisque le croisement des fils est arrêté par des nœuds serrés à l'envers qui restent dans l'état où l'ouvrier les a formés lors du tissage. Aussi ces étof-

fes ne se défilent-elles jamais; et cependant ce n'est pas là le principal mérite des cachemires de l'Inde. L'harmonie, l'éclat et la variété de leurs couleurs les font surtout rechercher et leur donnent un grand prix et une véritable supériorité sur nos beaux châles, qui à leur tour se distinguent par le bon goût des dessins, par la régularité parfaite du tissage, tant du fond que des bordures. Ces qualités ne se retrouvent pas ordinairement dans ceux de l'Inde, où la nuance du fond est souvent désagréable et l'exécution des dessins plus ou moins imparfaite, suivant que les bandes ont été travaillées par des ouvriers plus ou moins habiles. Les coutures qu'exigent d'ailleurs ces châles pour réunir les différentes bandes qui les composent offrent un aspect peu élégant et peu digne de la clientèle qui les recherche. Mais comme les défauts que nous signalons dans les châles des Indes leur donnent un cachet particulier, ils deviennent souvent une qualité aux yeux de leurs propriétaires, comme certaines fautes typographiques dans des éditions rares sont aux yeux des bibliomanes passionnés une preuve de plus de la valeur du livre.

Le travail que font les Indiens est simple, facile et bien connu aujourd'hui, mais il est long et coûteux et ne peut par conséquent se faire avec avantage que dans les pays où la main-d'œuvre est à bas prix. Cette condition qui existe dans l'Inde, jointe à l'expérience séculaire de ses fabricants, à l'habileté si remarquable de ses teinturiers, donneront pendant longtemps encore la vogue aux produits riches de ces contrées, malgré les défauts qu'ils peuvent présenter et les tentatives d'imitation, assez heureuses cependant, qui ont été faites récemment.

Moquettes anglaises. Les tissus désignés sous le nom de *moquettes anglaises* sont des tapis veloutés, façonnés, qui sont produits par des procédés analogues à ceux employés pour les châles, si ce n'est qu'au lieu de faire usage d'une chaîne de la même couleur et dont tous les fils ont la même longueur, celle des moquettes est composée de fils de nuances différentes afin de multiplier davantage les moyens de varier les effets.

Comme la longueur des fils de diverses couleurs varie avec celles nécessaires aux effets à produire, au lieu de disposer les fils sur un ensouple unique, on les ourdit sur des séries de bobines ou roquetins supportés par rangées sur un banc incliné absolument comme on le fait pour l'ourdissage. Le bâti supportant toutes les petites poulies se nomme *cantre*.

Par cette disposition, il devient facile au besoin de changer les petites bobines d'une couleur par une autre, lorsque la chaîne doit présenter une nuance nouvelle, sans rien déranger à l'ensemble des dispositions et du travail.

Le tissage de la moquette anglaise réunit donc à lui seul presque tous les moyens usités pour la production des diverses étoffes. En effet, il nécessite : 1° l'emploi du mécanisme le plus complet de la Jacquart pour produire les ornements par la trame ; 2° les lisses de rabat et de liage ; 3° la chaîne pour faire le fond ; 4° les différentes chaînes nécessaires soit aux boucles, soit au poil, suivant le cas ; 5° enfin les fers pour opérer la frisure ou le coupage du poil.

Le travail de la moquette par le métier à la Jacquart a été exécuté d'abord par un Anglais ; c'est M. Sallandrouze qui l'a pratiqué le premier en France dans ses beaux établissements d'Aubusson où nous l'avons vu exécuter.

Tissus brochés. Pour éviter les pertes de la matière lorsqu'elle est précieuse et pour conserver la légèreté qu'exigent certaines étoffes élégantes, les fleurs et les ornements qu'elles doivent recevoir sont souvent brodés à la main. Les brillants tissus de soie pour ornements d'église et pour toilette de cours ou costumes de théâtre sont souvent produits de cette façon. Pour diminuer la dépense considérable de main-d'œuvre qu'exige ce mode de procéder, on a cherché à brocher les châles mécaniquement ; plusieurs systèmes de battants-brocheurs ont été imaginés dans ce but. Mais de tous ceux-ci nous n'en connaissons qu'un, celui de MM. Godemard et Meynier, qui soit réellement employé. Nous l'avons vu fonctionner à Lyon chez les inventeurs ; nous en avons également vu faire une application des plus ingénieuses à Amiens où l'on en fait usage pour faire des mousselines festonnées. (Voyez BATTANT-BROCHEUR.)

DISPOSITIONS GÉNÉRALES DES PRINCIPAUX TISSUS.

Étoffes pour meubles et ornements d'église. Les effets imitant la taille-douce, employés en général pour reproduire les gravures et les ornements si compliqués que représentent les étoffes pour meubles et pour ornements d'église, tels que les *brocards*, les *lampas*, les *damas*, les *taffetas lamés brochés*, sont fabriqués principalement à Paris, à Lyon et à Tours. Ces tissus sont généralement exécutés sur une largeur de 11/24, ancienne mesure, ou 0m,55, contenant vingt portées. Le nombre de fils en dents et en maillons varie de trois à dix, suivant le genre à produire. Les découpages ont toujours lieu fil à fil, ce qui nécessite l'adjonction des lisses, qui sont disposées sur plusieurs corps à cause de la complication des dessins à exécuter. Le nombre de lacs ou couleurs par duite, varie suivant le genre et la richesse de ces tissus ; il est compris le plus fréquemment entre deux et six ; il y a rarement moins de deux passées ou lacs et plus de six.

Étoffes mélangées pour ameublements. L'industrie de Rouen fabrique une étoffe pour ameublement moins riche, toujours tramée en laine, mais dont la chaîne est tantôt en fils de coton, tantôt en fils de soie ou de fantaisie, et dont les dispositions les plus ordinaires pour les articles courants sont les suivantes : les largeurs de ces tissus varient suivant leur destination ; on leur donne cependant assez généralement 0m,80 environ, lorsqu'ils sont destinés à des tentures ordinaires, à des fauteuils ou des chaises ; elle est augmentée jusqu'à 1m,60 lorsqu'on les réserve pour rideaux, pour de larges portières, etc.

Il y a nécessairement aussi des variations dans la quantité des fils employés, mais les nombres les plus usités sont 82 fils par 0m,027 pour chaîne de coton, 90 lorsqu'on fait usage de fantaisie, et 100 fils si c'est de la soie ; le nombre de fils en dents varie de 2 à 3.

On fait quelquefois aussi des étoffes pour meubles à double chaîne, pour produire deux effets différents sur les deux côtés ; ce genre ne présente d'autres particularités dans le montage que la nécessité d'un corps de plus pour la seconde chaîne, comme nous l'avons expliqué en parlant des tissus à double chaîne.

Étoffes pour gilets. Pour la plupart des étoffes d'un même genre, les largeurs restent invariables, mais le nombre de fils compris dans la largeur change avec les qualités que l'on veut donner à l'étoffe. Le *piqué blanc*, qu'on fabrique à Saint-Quentin et à Mamers, peut offrir un exemple de ces variations. Cet article est généralement produit avec un peigne d'une largeur constante de 0m,66. Le nombre de fils varie de 1.000 à 2.000 ; le dernier nombre n'est guère employé que par quelques maisons qui imitent le piqué anglais si recherché. Les fils sont généralement passés par trois entre chaque dent.

Les étoffes pour gilets, nommées *cachemires de Paris*, ont à peu près la même largeur que les piqués. Le nombre de fils employés est moyennement de 2.400 passés par deux fils en dent. Les empoutages pour ce genre

TISSAGE.

changent nécessairement, comme à l'ordinaire, avec la complication des dessins. Mais la quantité de cordes reste circonscrite entre 400 et 600; elle atteint même rarement ce dernier nombre.

Tissus de velours. Un des genres les plus variés dans le commerce est sans contredit le velours. Ainsi on connaît les velours de coton, les velours de laine et les velours de soie. Dans ces derniers, on distingue le *velours uni frisé*, le *velours uni coupé*, les *velours frisés façonnés*, les *velours coupés façonnés*, les *velours ciselés*, qui offrent des effets de velours uni et frisé combinés; les *velours ciselés liserés*, produits comme le précédent avec des additions de petites côtes; le *velours sans pareil*, dont le fond est formé par un tissage de velours uni, et les dessins par un velours frisé ou réciproquement; le *velours miniature*, qu'on ne peut exécuter qu'à un grand nombre de chaînes et avec l'aide de la cantre; c'est celui qui présente les effets de chaînes les plus variés, etc.

La double chaîne que tous les velours nécessitent donne un élément principal de plus, qui contribue à diversifier les effets qu'on peut obtenir; tous ces velours sont produits sur la même largeur de $0^m,55$ (11/24). Les nombres de portées et de fils en dents sont seulement variables. Il est évident aussi que le montage diffère également suivant le dessin plus ou moins compliqué du tissu; on fait rarement usage de moins de vingt portées et de plus de vingt-cinq. On passe de six à dix fils en dents, et quelquefois même douze. Ce dernier nombre est réservé au velours de plusieurs couleurs, que l'on nomme *velours miniature*. Ces fils sont passés de manière à être convenablement partagés entre les deux chaînes. Ceux destinés au poil dépassent rarement deux : le surplus sert à former le corps du tissu; cependant pour le velours frisé uni seulement, on passe quatre dents pour le corps de la pièce et quatre pour le poil.

Dispositions des étoffes simples et unies. La disposition des étoffes ordinaires unies, en laine, en coton ou en lin, est extrêmement simple; les remettages et montages n'exigent que la connaissance des quatre, ou plutôt des trois armures fondamentales seulement. L'armure taffetas, l'armure croisée ou batavia et la sergée, comprenant les différentes combinaisons usitées dans le tissage de la draperie. La première est réservée aux draps unis et lisses; la seconde aux casimirs et aux différents tissus croisés, et l'armure sergée aux draps *castors*, doubles broches, etc. La largeur sur laquelle on tisse généralement la draperie est de $2^m,70$ (100 pouces). Le nombre de fils change avec la force que le drap doit avoir; cette variation est comprise dans les limites de 2.500 à 3.800 fils. Le nombre de fils à mettre en dents est de deux pour la draperie ordinaire, et de trois pour les cuirs-laines et les doubles broches.

Les articles de modes dits nouveautés sont généralement produits sur une largeur de $1^m,48$ à $1^m,80$. La quantité de fils pour les nouveautés les plus fortes pour étoffes d'hiver, varie de 3.500 à 4.500; et pour celles d'été, dont la largeur est quelquefois un peu moindre, la quantité en dents varie de 3 à 5. Quant à la quantité de trame employée dans les tissus, elle est proportionnelle à celle de la chaîne; elle augmente et diminue par conséquent, en général, dans le même rapport.

Pour les tissus plus simples encore, tels que les cotonnades et les toiles, les différences se bornent exclusivement à la plus ou moins grande quantité de fils contenue dans l'unité de surface.

Le tableau ci-contre donne ces principales variations pour les étoffes dont l'usage est le plus répandu.

On remarque par cette table que la quantité de chaîne et de trame comprise dans l'unité de surface est à peu près la même. Cette égalité n'existe en général que pour les articles ordinaires indiqués dans ce tableau. Lorsque la finesse des tissus augmente, le rapport entre celle de la chaîne et de la trame n'est plus le même; on emploie alors des fils pour trame dont la finesse est en général de dix numéros plus élevée que celui des fils de la chaîne; ainsi, si la chaîne est du 25 ou 30, par exemple, on se sert du n° 35 ou 40 pour la trame, et lorsque la finesse du tissu est plus grande encore, et qu'on fait usage des fils des n°s 60 à 90, la différence entre la finesse des fils de la chaîne et de la trame s'élève jusqu'à vingt numéros. C'est donc des numéros 80 et 120 qu'on tisse en trame dans ces derniers cas, et le nombre de fils en trame par *quart de pouce*, augmente également plus ou moins dans le rapport de 1 à 10. Comme les fils de la trame sont toujours moins tordus que ceux de la chaîne et que le tissu en contiendra davantage, il en recevra une apparence unie, brillante et souple, qui convient parfaitement à beaucoup de variétés, et surtout aux étoffes qui doivent recevoir la teinture ou l'impression.

TISSAGE A HAUTES LISSES.

Le tissage à hautes lisses tire son nom de la disposition des fils de la chaîne, et de celle des lisses fixées à la partie supérieure de la chaîne, au-dessus de la tête de l'ouvrier. Il est généralement appliqué aux étoffes pour tapisseries et tentures, et particulièrement pour les tapisseries les plus estimées et certaines variétés de moquettes, tandis que les métiers à basses lisses sont réservés à la production des tapis d'un travail moins fini et, comme nous l'avons vu, des moquettes les plus ouvragées, dites moquettes anglaises. L'origine du travail des tapisseries en France remonte, comme celle de beaucoup d'autres industries, à l'époque des croisades (1). Il a été encouragé par Henri IV et Sully, et, plus tard, par Louis XIV et Colbert. C'est ce dernier ministre, comme on sait, qui acheta aux frères Gobelins leur établissement de teinture pour le transformer en une manufacture royale, qui porte encore le nom des vendeurs.

La teinture des frères Gobelins avait acquis une telle supériorité, que leurs contemporains attribuèrent le talent de ces célèbres artistes à un pacte que l'un d'eux aurait fait avec le diable. Cette anecdote est très sérieusement racontée dans un ouvrage publié en 1746, qui a pour titre le *Teinturier parfait*.

L'activité de la Manufacture royale des Gobelins a subi bien des variations depuis l'impulsion que Colbert avait cherché à lui imprimer. Les ateliers furent complétement fermés dans les premières années de la révolution. La Manufacture fut réorganisée en l'an II de la république, et n'a cessé depuis lors de travailler pour l'ameublement des différents châteaux de l'État, concurremment avec l'établissement de Beauvais, destiné au même travail, excepté à la teinture, qui est faite exclusivement aux Gobelins sous l'habile direction de M. Chevreul.

Les tapisseries si renommées d'Aubusson et les beaux tapis de Turcoing, sont des produits de l'industrie privée.

On distingue dans le tissage à hautes lisses le travail des tapis ras ou de la tapisserie exécutée par le point, anciennement connu sous le nom de point sarrasinois ou façon de Turquie, et le travail des tentures à surface veloutée, dont les produits conservent plus généralement le nom de tapis.

La méthode sarrasinoise paraît être la plus ancienne. Château-Favier, inspecteur des manufactures de la province de la Marche, en 1785, fait remonter les premiers établissements qui employèrent ce procédé à l'an 730; il les attribue à des Sarrasins qui vinrent s'installer à Aubusson et à Felletin. Cette fabrication se continua

(1) Une des plus anciennes tapisseries que l'on connaisse est attribuée à la reine Mathilde; elle représente la conquête de l'Angleterre par les Normands.

Table de proportions (1), *observées entre les numéros et le nombre des fils de chaîne et de trame, dans la composition des tissus de coton suivants.*

Nos d'ordre.	LARGEUR du peigne.	LARGEUR de la toile.	Portées.	NUMÉROS de chaîne.	NUMÉROS de trame.	NOMBRE DE FILS en 1/4 de pouce. Chaîne.	NOMBRE DE FILS en 1/4 de pouce. Trame.	TISSÉ à trame mouillée ou sèche	NOM des étoffes.	DESTINATION ET EMPLOI.
	millim.	centim.								
1	960	3/4,90	36	6	6	11	10	mouillée.	Cretonne double.	Blanc et mi-blanc pour domestiques.
2	965	» »	38	10	10	11 1/2	11	»	Cretonne.	Id.
3	936	» »	40	28	32	12	12	sèche.	Mousseline grasse.	Blanc pour rideaux et doublures.
4	965	» »	43	12	12	13	13	mouillée.	Cretonne.	Blanc et mi-blanc.
5	965	» »	45	14	14	13 1/2	»	»	»	Id.
6	965	» »	50	15	15	15	15	»	»	Id. pour linge de ménage.
7	965	» »	55	15	13	16 1/2	»	»	»	Écru et mi-blanc pour la troupe.
8	970	» »	56	22	26	17	18	»	Calicot.	Blanc et teinture.
9	965	» »	57	16	16	17 1/2	17	»	Cotonnade	Id. pour draps de lit.
10	965	» »	62	18	16	18 1/2	»	»	»	Id. Id.
11	940	» »	60	26	36	18	»	sèche.	Calicot.	Impression et teinture.
12	940	» »	63	28	»	19	»	»	»	Impression..
13	970	» »	65	»	32	19 1/2	20	mouillée.	»	Id.
14	970	» »	»	»	38	»	22	»	»	Id.
15	965	» »	66	20	20	20	20	»	Cotonnade	Blanc pour chemises.
16	970	» »	70	26	36	21	22	»	Calicot.	Blanc et impression.
17	970	» »	72	28	38	21 3/4	23	»	»	Impression.
18	970	» »	»	»	»	»	26	»	»	Blanc et teinture en rouge.
19	970	» »	75	30	40	22 3/4	24	»	»	Impression.
20	973	» »	»	»	38	»	26	»	»	Rouge.
21	973	» »	78	34	42	23 1/2	»	»	»	Impression.
22	975	» »	80	»	46	24	»	»	Percale.	Id.
23	954	» »	»	60	80	»	24	sèche.	Mousseline	Blanc, apprêt batiste.
24	954	» »	»	80	100	»	»	»	»	Id. et impression.
25	975	» »	»	34	42	»	28	mouillée.	Percale.	Blanc.
26	975	» »	82	»	44	25	23	»	»	Impression.
27	978	» »	85	38	44	25 3/4	26	»	»	Id.
28	978	» »	86	36	52	26	28 à 30	»	»	Id. et blanc.
29	980	» »	90	44	60	27	29 à 31	»	»	Id. Id.
30	983	» »	95	70	100	29	32	»	Jaconat.	Id. Id.
31	983	» »	»	80	110	»	36 à 38	»	»	Id. Id.
32	985	» »	»	85	116	»	34 à 36	»	»	Id. Id.
33	985	» »	100	90	120	30 1/2	38 à 40	»	»	Id. Id.

dans le pays après l'expulsion des Sarrasins, des Gaules, grâce aux encouragements des comtes de la Marche, qui firent venir alors d'habiles ouvriers flamands.

Nos fabriques de tapis paraissaient être arrivées à un grand développement dans le dix-septième et le dix-huitième siècle. L'inspecteur que nous venons de mentionner fait ainsi l'énumération de l'emploi des tapis d'Aubusson et de Felletin :

« Les ouvrages en tapisseries qu'on fabrique consistent en tentures de toutes espèces, fauteuils, cabriolets, chaises, canapés, ottomanes, bergères, lits, cartonnières, écrans, portières, caparaçons et housses pour les chevaux, couvertures de mulets, bandouillères de gardes, galons de livrées, tapis ras, tapis veloutés. »

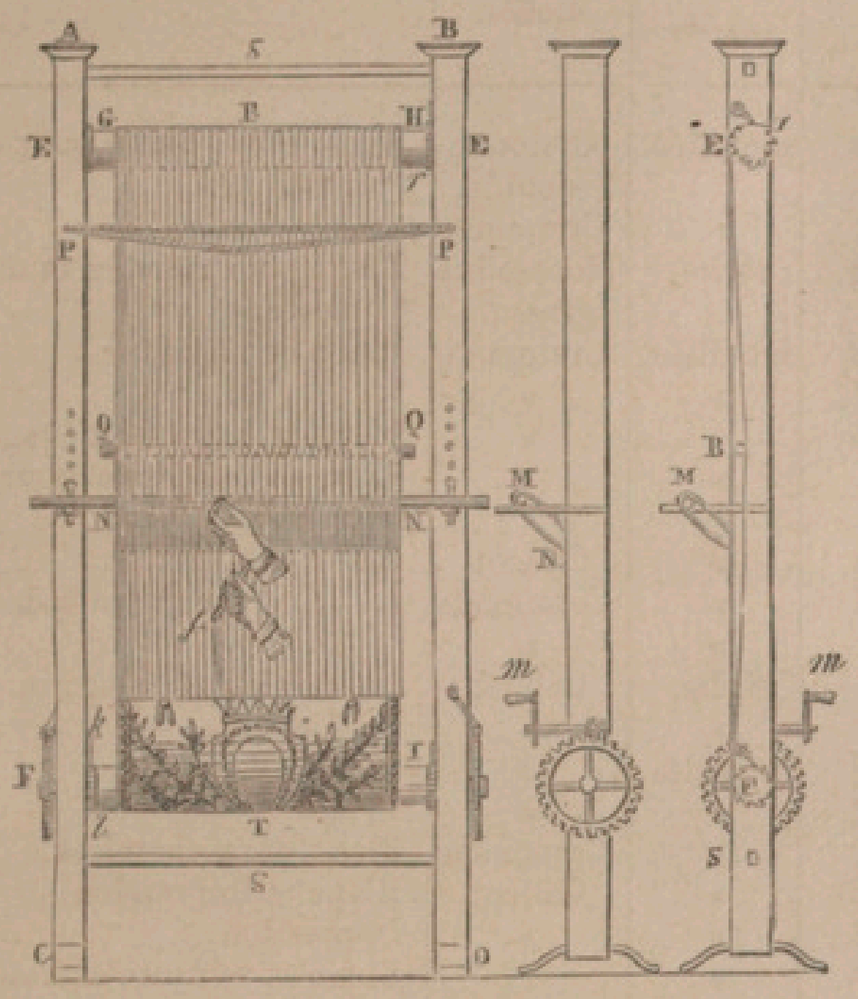
Cette consommation variée devait donner au chiffre des affaires une importance assez grande, et peut-être n'était-il pas de beaucoup au-dessous de 8 millions de francs, somme à laquelle on évalue la production actuelle pour toute la France. Le peu d'importance de cette industrie si belle, dont les produits sont recherchés par les cours étrangères, tient sans doute à ce que la masse des consommateurs considère encore comme objets de luxe les tapis, dont l'emploi est néanmoins si utile et si hygiénique, et à ce qu'elle ne peut atteindre des conditions économiques susceptibles d'augmenter ses débouchés.

Les conditions dans lesquelles se trouve cette industrie sont particulières, quand il s'agit de produire ces admirables tentures qui réunissent les précieuses qualités de la peinture et de la broderie. La valeur de la matière première devient insensible par rapport à celle de la main-d'œuvre, et un très petit nombre de consommateurs seulement peuvent prétendre à ces travaux tout à fait artistiques. Dans la confection des tapis ordinaires, au contraire, le prix de la matière première l'emporte de beaucoup sur celui de la main-d'œuvre. C'est donc de l'abaissement du prix des laines, de la diminution des déchets dans la fabrication qu'on peut attendre le développement futur de cette branche spéciale. Nous allons voir par la description des moyens de fabrication qui sont encore ce qu'ils étaient du temps des Sarrasins, qu'ils laissent peu de choses à désirer sous le rapport de la simplicité.

(1) Ce tableau est extrait d'une publication intéressante sur le parage et tissage mécanique du coton faite par *Bédel*, ex-directeur du tissage, et M. *E. Bourcart*, directeur en chef de la filature et du tissage mécanique d'Augsbourg, ancien élève de l'Ecole centrale des Arts et Manufactures.

TISSAGE.

Description du métier à hautes-lisses. La fig. 2506 représente la vue de face du métier à hautes-lisses tel qu'il est encore généralement employé. On a figuré la chaîne tendue et un ouvrage ras en exécution. Les fig. 2507 et 2508 montrent les vues de côté des montants du métier.



2506. 2507. 2508.

A, B, C, D, sont deux montants verticaux d'une hauteur plus ou moins grande suivant celle des tissus qu'on doit produire; ils sont assemblés à leur partie inférieure dans des patins solidement établis, et à leur supérieure, ils sont fixés au plafond ou de toute autre manière, réunis par deux entre-toises S; ils reçoivent par leurs tourillons E deux cylindres ensouples G, H, placés à la partie supérieure, et disposés à celle inférieure A. Ces deux ensouples ont les mêmes fonctions que ceux du métier à basses-lisses, celui supérieur est destiné généralement à recevoir la chaîne avant le tissage et l'autre à enrouler le tissu après sa confection. Quelquefois, ces cylindres portent à leurs extrémités des trous pour recevoir des bâtons au moyen desquels on les fait tourner comme des treuils pour serrer les chaînes; mais le plus souvent on monte une roue G, engrenant avec une vis sans fin *v* qui reçoit son mouvement par une manivelle *m*. Comme on le voit, cette commande est destinée à opérer la tension des fils de la chaîne et à enrouler la tapisserie à mesure que le travail s'effectue. La roue à rochet *r* avec son déclic a pour but d'empêcher celle d'engrenage de revenir, et par conséquent, de maintenir la tension. Le bâton rond Q, est nommé bâton d'entre-deux, il remplace ceux d'enverjure des chaînes à basses lisses et sert donc à séparer les fils de la chaîne en deux parties sur deux plans; la petite corde P P a le même but. On nomme *perche à lisses* le bâton L M; c'est à celui-ci que sont fixées toutes les lisses N, N, qui communiquent aux fils du derrière (Nous verrons en décrivant la manière de faire le point, que les fils du devant n'ont pas besoin de lisses).

Montage de la chaîne. La chaîne étant ourdie, d'après les règles que nous avons données en traitant de l'ourdissage, on place régulièrement les *piennes*, ou portées, dans les dents du vautoir dont on a ôté le chapeau *a*. Ces fils placés, on assemble les deux pièces du vautoir et on le fixe dans la rainure qui lui est réservée dans l'ensouple supérieur; puis on procède à la tension de la chaîne sur la partie inférieure de l'ensouple au moyen de la manivelle; il est important que tous les fils de la chaîne soient soumis à une tension égale

Toutes les chaînes pour tapis ou tapisseries sont formées en fils de laine blanche, généralement retordus et d'excellente qualité; aux Gobelins, on emploie des laines dites d'Allemagne; seulement lorsqu'on monte une chaîne pour tapis velouté, on a soin de disposer en fil de couleur, ordinairement en fil rouge, de dix en dix fils. L'intervalle entre chaque fil de couleur se nomme une dizaine.

Ces divisions permettent de déterminer avec plus de facilité et d'exactitude les différents points du dessin, d'après le dessin original ou la mise en carte qui est exposée à la partie supérieure du métier, mais au lieu d'être divisée par des carrés, elle est pointée, de manière que la distance entre deux points corresponde à celle comprise entre deux fils de couleur de la chaîne.

Les fils d'une chaîne pour de la tapisserie sont tout blancs, il ne suffirait pas de la partager par dizaines, parce qu'il est indispensable pour arriver à la perfection qu'on exige dans ce travail d'esquisser le dessin sur les fils tendus de la chaîne de manière à pouvoir suivre tous les contours avec plus d'exactitude. Pour cela le dessinateur se sert d'un calque qu'il prend sur le tableau à reproduire et qui lui-même reste exposé près de l'ouvrier de manière à ce qu'il puisse assortir les nuances et les appliquer avec plus de précision. Les nombreux tons qu'exige l'exécution d'une tapisserie sont tous formés avec huit ou neuf couleurs fondamentales; c'est avec elles qu'on compose la gamme la plus complète possible en nuances; chaque nuance de fil est enroulée sur une broche ou fuseau. Lorsqu'un ouvrier commence son travail, il choisit ses nuances dans un magasin spécial pour les fils de laines teintes; au tissu sont attachées autant de broches qu'il faut de tons différents.

Le travail du tissage à hautes lisses est produit par la formation des mêmes nœuds ou boucles formés successivement autour des fils blancs de la chaîne par ceux de couleurs dont les broches sont chargées.

Exécution du travail. Pour faire le tissage, l'artiste tapissier prend, de la main droite, la broche garnie du fil dont il a besoin, et passe la main gauche dans l'écartement que le bâton de croisure établit entre les fils de la chaîne. Il tire en avant un ou plusieurs fils, suivant l'espace qu'il veut recouvrir, et y passe de gauche à droite le fil de recouvrement au moyen de la broche; il tend ce fil autour de celui ou de ceux de la chaîne qu'il enveloppe, et il le tasse avec la pointe de sa broche. Cette première partie de l'opération est appelée une *passée*. Celle-ci faite, l'ouvrier laisse reprendre aux fils du devant leur position verticale, et il ramène ceux du second plan sur le devant, au moyen des lisses, puis il exécute également une passée sur eux en dirigeant la broche en sens contraire de celui de la passée précédente; il tend et tasse de nouveau cette partie, cette allée et cette venue où les deux passées constituent une *duite*. La fig. 2506 indique la position du fuseau et des mains pour exécuter le point Deux duites forment ce que l'on désigne dans la spécialité par une hachure; généralement, on forme des hachures avec deux duites, embrassant un nombre différent de fils, ce qui facilite le mariage insensible des nuances et le passage d'un ton à un autre.

Tous les autres détails qu'il est nécessaire de connaître pour produire un travail parfait sont entièrement du ressort des beaux-arts et complétement étrangers à la spécialité de notre ouvrage.

Travail des tapis veloutés. Le travail fondamental du tissage des tapis consiste dans la formation du *point*. Pour faire le point, l'ouvrier prend la broche de la main droite et passe le fil de laine de la broche derrière celui qu'il veut recouvrir, comme on le voit en *c* (fig. 2509).

Ce passage, derrière un des fils du devant, est appelé une passée; lorsque celle-ci est faite sur ce fil, on amène en avant celui qui est derrière au moyen de la lisse, et

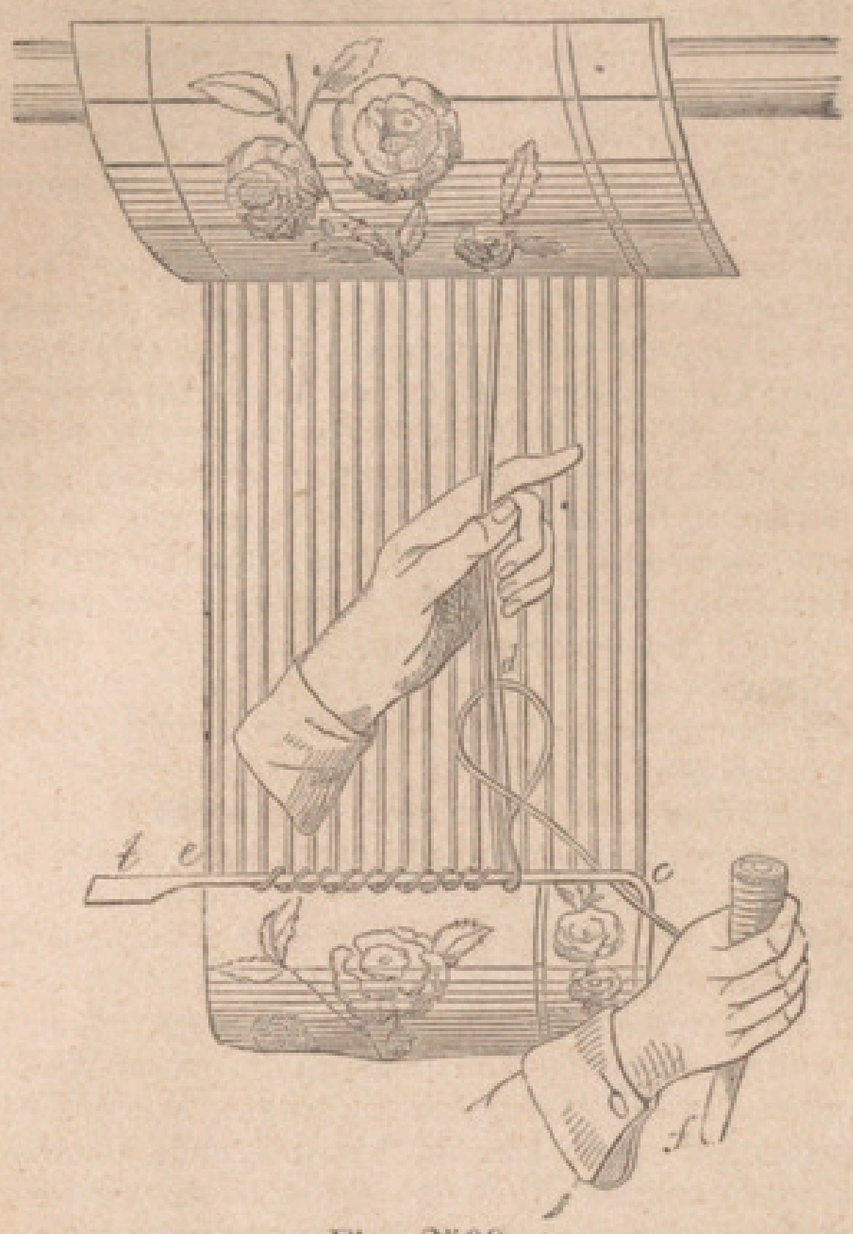


Fig. 2509.

on fait un nœud coulant qu'on serre dessus. Le point est alors formé, mais au lieu de serrer le point directement sur les fils de la chaîne, on a soin de passer un petit outil *e*, nommé *tranche-fil*, sur lequel on serre le nœud. Lorsqu'il y a un nombre de points formés suffisant pour recouvrir la longueur du tranche-fil, on le retire dans la direction du tranchant. La partie tranchante coupe alors les boucles qui l'enveloppent, et la surface veloutée se trouve formée. On voit que l'outil tranchant tient lieu des fers et des rabots employés dans le tissage du velours en général. Lorsqu'une rangée complète de points est faite sur toute la largeur du tapis, il faut établir la liaison entre les fils du derrière et ceux du devant. A cet effet, on passe un gros fil de chanvre ou de lin, d'un bout à l'autre du tapis, dans l'ouverture croisée établie par le bâton d'entre deux; après chaque rangée, on passe un fil semblable entre les croisures qui se forment alternativement entre les fils du devant et ceux du derrière; c'est ce qu'on nomme passer en *duite* ou en *trame*. Après chaque formation de trame, on serre les points et les fils de duite, au moyen d'un petit peigne dont les dents entrent dans les fils qui ne sont pas encore recouverts et tassent la partie tissée.

Le tranche-fil ne coupant jamais les boucles d'une manière assez uniforme, on a soin d'égaliser la partie irrégulière avec des ciseaux à branches courbes.

Les dimensions des tapis et des tapisseries sont très-variables; celles-ci sont généralement plus grandes que les tapis. On fait aux Gobelins des tapisseries dont la surface dépasse souvent 5 mètres sur 15. Les laines pour chaînes, employées dans cette fabrication, sont généralement doublées et retordues, et leurs numéros varient de 10 à 25.

Le nombre des fils varie suivant la complication des sujets que l'on veut représenter, de huit cents à douze cents par mètre de largeur; ceux-ci sont grillés pour enlever complétement le duvet. Le travail des métiers à hautes lisses est, sans contredit, le plus parfait de tous, mais c'est aussi de beaucoup le plus long. On compte aux Gobelins qu'un mètre carré nécessite moyennement une année de travail d'un ouvrier, et revient à environ 3,000 francs.

Nous disons à ART INDUSTRIEL que l'imitation de tableaux ainsi obtenus dépasse peut-être le but, les produits les plus remarquables, techniquement parlant, sont admirables.

Le tissage à basses lisses qui s'exécute plus rapidement est d'un ordre moins relevé, parce que le dessin ne peut se produire qu'à l'envers, et que l'ouvrier ne peut examiner et suivre son travail que difficilement.

Ces inconvénients furent signalés à Vaucanson, par les directeurs des Gobelins. Ce dernier chercha à y remédier par l'établissement d'un métier mixte, qui peut prendre à volonté la position verticale, horizontale, plus ou moins inclinée. On commençait par tendre la chaîne et y tracer le sujet à exécuter, comme sur les métiers à hautes lisses; pour travailler, on faisait basculer le métier dans les montants, de manière à lui donner la forme des métiers à basses lisses. Puis enfin, lorsqu'on voulait examiner le travail, on redressait de nouveau le métier verticalement. Cette machine participait, comme on le voit, des deux systèmes; on avait cherché à combiner les avantages des deux méthodes. Ce genre de métier existe encore aux Gobelins, mais il est peu employé. On en trouve le plan et la description détaillée dans un Mémoire que Vaucanson adressa à l'Académie des sciences, en 1758. On a appliqué ce mécanisme à de petits métiers à broder la tapisserie.

TITANE. Métal d'un jaune de cuivre qui, ainsi que ses composés, est rare et n'a jusqu'ici reçu aucun emploi dans les arts.

TOILES PEINTES. Voyez IMPRESSION SUR ÉTOFFES.

TOLE. Voyez FER.

TONDEUSE. Voyez LAINES.

TORPILLES. La torpille est aujourd'hui un élément important des guerres maritimes. De nouveaux procédés de mise en feu, et, surtout, la découverte d'explosifs d'une puissance considérable sous un poids minime, ont rendu plus faciles à employer des systèmes jusque-là assez compliqués.

Les premières torpilles, celles de Fulton, par exemple, consistaient essentiellement en un baril de poudre de 1,000 ou 2,000 kilos, maintenu par une ancre et un cordage, à une certaine profondeur sous l'eau.

L'explosion produite, à l'aide d'un système analogue à celui d'un chien de fusil, que devait faire partir le navire en mouvement, rencontrant un obstacle attaché à ce chien, était capable, comme l'a prouvé l'expérience de produire des effets considérables, de briser en deux un navire passant au-dessus de cette torpille.

Lorsque l'explosion d'une masse aussi considérable de poudre a lieu à une distance un peu grande de la surface de l'eau, il se produit deux effets: un choc dans les parties latérales, répondant à une pression énorme par suite de l'incompressibilité du liquide; et la projection d'une énorme gerbe formée par l'eau située au-dessus du centre d'explosion.

Il a été constaté par des expériences qu'une torpille de 2,000 kilogrammes de poudre, par 40 mètres de submersion, peut faire une brèche de 6 mètres de diamètre dans les fonds d'un navire mouillé à son aplomb; que jusqu'à la distance de 65 mètres, l'onde de refoulement crève ou applatit des carcasses de torpille en fonte; que si quelque carène passe à moins de 65 mètres d'une torpille, ses bordages se disjoignent.

On comprend quelles ressources de semblables torpilles peuvent offrir pour la défense d'une côte, pour empêcher l'entrée d'un port, mais il est bien évident

TORPILLES.

que le système d'inflammation laisse beaucoup à désirer; et qu'une barque montée par des hommes déterminés peut facilement désorganiser ou supprimer les systèmes à les enflammer.

Cet inconvénient existe encore avec la plupart des diverses inventions qui ont été faites pour rendre l'inflammation facile. Tels sont : les flotteurs qui, rencontrés par le navire en mouvement, font tomber de l'acide sulfurique sur du coton noyé dans un bain de chlorate de potasse, ou sur des fragments de potassium.

Ces systèmes ont partiellement réussi aux Américains du sud pendant la guerre de sécession : mais toutefois, il faut bien dire que la plupart des torpilles submergées ont été annulées par l'attaquant, sans avoir produit leur effet.

Il n'en est pas de même des procédés électriques qui permettent de faire partir une torpille au moment voulu, à l'aide de fils complètement immergés, et à l'abri des tentatives de l'assaillant.

Ce sont les machines d'induction, et surtout le coup de poing Bréguet qui, disjoignant brusquement un électro-aimant d'un aimant permanent puissant, est toujours prêt à faire feu. La disjonction produite à la station, vient produire une étincelle qui cause sûrement l'explosion, à l'aide d'une fusée Abel, dont l'organe principal est formé et composé de 64 parties de sous-sulfure de cuivre, 22 parties de chlorate de potasse et 14 de sous-phosphure de cuivre.

La position d'un navire voulant forcer un passage, est déterminée en chaque instant par deux observateurs établis en station dans les batteries qui protègent la passe.

Tous deux ont une planchette orientée, indiquant la direction des torpilles fixes, portant une alidale à lunette pivotant sur cette planchette, et un clavier circulaire auxquels aboutissent les extrémités des fils conducteurs.

« Lorsqu'un ennemi s'approche, dit le colonel Hen-
« nebert, auquel nous empruntons cette description,
« les deux observateurs ferment le circuit, et suivent
« à la lunette les mouvements de ce navire; aussitôt
« que ledit navire arrive au-dessus d'une torpille, por-
« tant par exemple le numéro 2, les aiguilles des deux
« alidales touchent sur les bords des limbes, les points
« marqués 2 auxquels aboutissent les conducteurs du
« fourneau considéré. Dès lors, instantanément, l'ex-
« plosion se produit. »

La puissance des torpilles pour la défense des ports a été singulièrement augmentée par une disposition qui inquiète singulièrement l'assaillant qui ne peut reconnaître à aucun signe extérieur où est le danger.

Jusqu'ici, nous n'avons parlé que des torpilles fixes, mais avec l'emploi de la nitro-glycérine ou du coton-poudre, il est devenu possible de construire des torpilles d'un faible poids, pouvant être facilement transportées, et qui sont devenues des armes de guerre, pouvant servir dans la guerre de vaisseau à vaisseau, fournissant le moyen d'attaquer, avec de petites embarcations les plus puissants navires, et de les détruire complètement.

La torpille mobile est un solide de forme variable, fait de tôle mince, muni d'un trou d'amorce et d'un trou de charge; si la torpille est flottante, il faut y introduire 40 ou 50 kilogrammes d'explosif; si elle est submergée par quelques mètres d'eau, on peut réduire la charge à une quinzaine de kilogrammes.

La disposition qui se prête le mieux à l'attaque d'hommes déterminés, est celle de canots qui sont armés d'un espars au bout duquel est fixée la torpille; comme il s'agit de surprendre l'ennemi, une très grande vitesse est la condition capitale de ces canots, et un constructeur anglais, M. Thornycroft, a construit un torpilleur adopté aujourd'hui par presque toutes les marines, une espèce de locomotive marine, donnant plus de 18 nœuds à l'heure. L'armement du canot consiste en deux espars de $11^{m}60$ de longueur, portant des torpilles chargées de 12 à 25 kilogrammes de dynamite; l'amorce, partant par le choc, il faut, aussitôt qu'on a touché l'ennemi, arrêter l'embarcation, et faire machine en arrière de toute vitesse, pour échapper à l'ennemi. On a augmenté beaucoup la facilité de l'attaque en lançant la torpille dans un tube, par l'explosion de la poudre, à 20 ou 30 mètres du navire attaqué. L'amélioration de ces espèces de canon est la préoccupation des ingénieurs de toutes les marines.

On est allé au delà en construisant des torpilles automobiles, qui, à la manière d'un projectile, peuvent avoir des portées de 1,000 à 2,000 mètres, et venir éclater en frappant le flanc du navire ennemi.

La torpille Whitehead est le type d'une torpille de ce genre, construite avec un grand talent par son inventeur.

Elle constitue, en réalité, un petit bateau sous-marin, fonctionnant pendant la durée de sa course à l'aide d'une quantité de travail emmagasinée dans un de ses compartiments, et qui est de l'air comprimé à très haute pression.

Nous en emprunterons encore la description au colonel Hennebert :

« La torpille Whitehead, de structure pisciforme (voy. la figure), affecte ordinairement une longueur de $4^{m}26$ sur $0^{m}355$ d'épaisseur. L'assiette verticale en est assurée, du fait de l'adjonction des tôles plates BB', CC' faisant saillie : l'une au-dessus, l'autre au-dessous de la torpille en équilibre, et suivant toute sa longueur. L'appareil porte aussi sur ses flancs quelques ailerons, fixes D, D', D'', destinés à le guider lors de l'opération du lancement. Il est pourvu de deux gouvernails; l'un, vertical, qui se réglant à l'avance, assure la parfaite rectitude de la trajectoire voulue; l'autre, horizontal, qui préside à la constance de la submersion déterminée par l'opérateur. A l'arrière, fonctionne une hélice en bronze, à trois branches H, qu'un cadre protecteur K met à l'abri des accidents de heurt.

« Le corps de la torpille comprend six compartiments distincts renfermant : le premier, un inflammateur et un appareil de sûreté; le deuxième, la charge; le troisième, un régulateur de la submersion; le quatrième, le réservoir à air comprimé; le cinquième, la machine; le sixième enfin, l'arbre de couche de l'hélice. L'inflammateur I, qui forme le bec de la torpille, se compose essentiellement d'un tube rempli de poudre sensible, mis en communication avec la charge et portant en tête une embase sur laquelle repose une cheminée d'acier coiffée d'une amorce fulminante. La mise du feu s'opère automatiquement, du fait d'un heurt contre l'obstacle visé. L'explosion peut d'ailleurs, se produire dans des circonstances diverses, selon que le choc est reçu par la pointe de l'appareil, par une antenne disposée au-dessus du bec ou l'une des deux antennes latérales.

« Le deuxième compartiment T est organisé à destination de chambre aux poudres, et, en conséquence, séparé des deux compartiments contigus par des doubles cloisons étanches. La charge est ordinairement de 10 kilogrammes de dynamite.

« Le troisième compartiment A est mis en communication avec l'eau ambiante par des orifices forés dans l'épaisseur de la coque. Il renferme le régulateur de la submersion, c'est-à-dire un mécanisme dont les organes sont reliés au gouvernail horizontal par un système de transmissions métalliques. La submersion peut se régler entre des limites étendues : de la surface de l'eau jusqu'à 12 mètres de profondeur. Cette hauteur fixée, le régulateur y maintient la torpille, et celle-ci

TORPILLES.

une fois en route, ne commet jamais d'écarts supérieurs à 0m50.

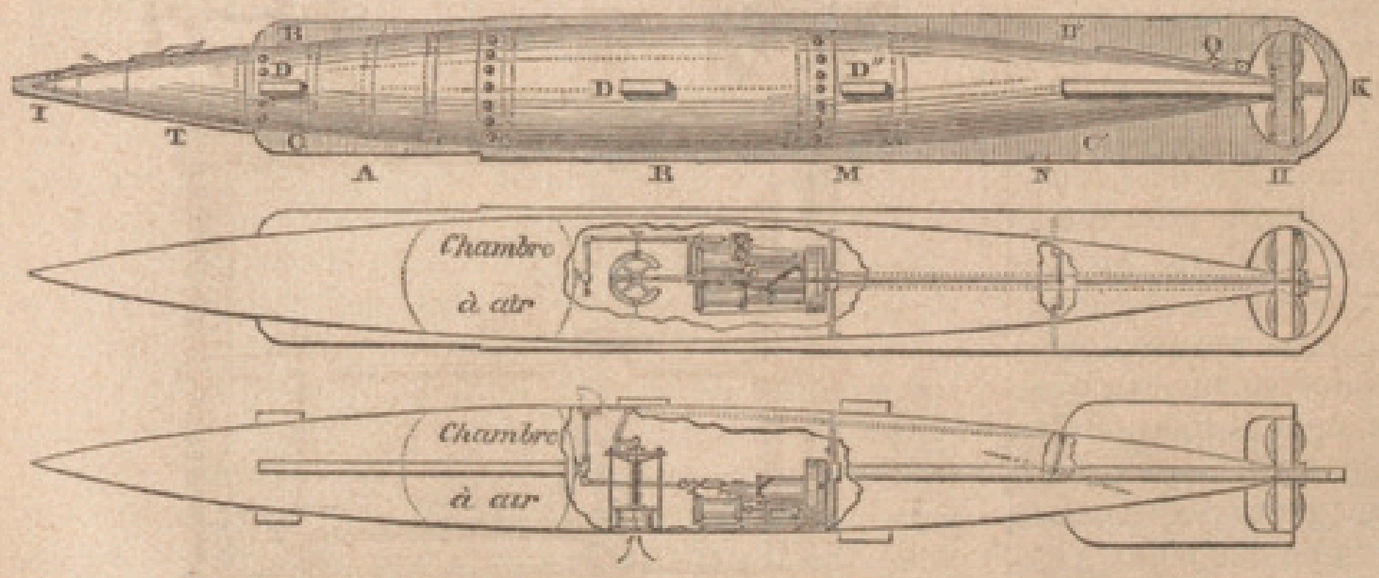
« Le quatrième compartiment, qui sert de réservoir à certain volume d'air comprimé à 60 atmosphères, est solidement construit en fer forgé de 0m007 d'épaisseur. Avant d'actionner le moteur de la torpille, cet air passe dans un réducteur, où il prend une pression réduite à 30 atmosphères.

« Le cinquième compartiment R renferme une machine à cylindres oscillants. Ces deux cylindres, de dimensions inégales, travaillent sous des pressions différentes.

« Le sixième et dernier compartiment M N H est traversé, de bout en bout, par l'arbre de couche qui fait mouvoir l'hélice. La longueur de cet arbre a, d'ailleurs, été déterminée de façon à donner à la torpille la finesse de formes et la bonne répartition des poids nécessitées par les conditions de la navigation sous-marine. »

Le mécanisme d'une Whitehead comporte une foule d'organes ingénieux; il convient de dire un mot du compteur à engrenages Q, que le constructeur a fixé au-dessus du gouvernail horizontal. Cet appareil, qui se relie au verrou de sûreté par le moyen d'un fil, permet à l'hélice d'armer elle-même ou de désarmer l'inflammateur à percussion I, après un nombre de tours déterminé. Ainsi, l'opérateur peut faire que la torpille ne devienne offensive qu'à une distance donnée du point de départ, ou qu'elle cesse de l'être quand elle a terminé sa course et manqué le but qu'on se proposait de lui faire atteindre. Il peut également alors la faire, à volonté, remonter à la surface ou couler.

Ainsi construite, et munie de tous ses accessoires, la torpille automobile, est d'un poids de 117 kilogrammes; d'un prix de revient de 5,000 francs. La Whitehead modèle 1877, actuellement en usage en France, n'est mue que par une hélice. Elle mesure 5m720 de long, 0m381 de diamètre, et comporte : à l'avant, la charge et son inflammateur; au centre, une chambre enfermant de l'air comprimé à 60 atmosphères; (la compression de l'air à 60 atmosphères est une difficulté, mais les essais d'emploi d'acide carbonique liquide ou de réactions chimiques n'ont pu encore



Torpille Whitehead.

remplacer l'air comprimé); à l'arrière, le compartiment des machines. Un gouvernail vertical assure la direction voulue; un gouvernail horizontal, l'immersion. Celui-ci, est commandé par un « appareil pendulaire » qui lui sert de régulateur. Cet organe est de l'invention de l'ingénieur américain Rendel.

La torpille Whitehead est lancée au moyen de projecteurs actionnés par des machines à air comprimé, ou du fait de la combustion d'une poudre lente; elle est guidée et assurée dans sa direction jusqu'à sa sortie du tube, là, elle rencontre un toc dont le heurt détermine la mise en mouvement de sa machine; l'impulsion primitive doit être assez forte, car le travail emmagasiné ne permet pas à la torpille de parcourir sous l'eau plus de 200 mètres avec une vitesse de 9 ou 10 nœuds, et de 1,500 mètres avec une vitesse de 6 ou 7 nœuds.

Un navire, étant un but petit, à une distance un peu considérable, on comprend facilement qu'un défaut dans le pointage du tube, et surtout le courant qui longe les flancs du navire en mouvement, peuvent facilement déranger assez sa direction, et faire qu'elle ne vienne pas choquer par sa pointe, et, par suite, que l'explosion n'ait pas lieu.

Malgré ce qu'elles ont de redoutable, l'action de ces torpilles est donc moins sûre qu'il ne le semble au premier abord; aussi a-t-on essayé de diriger ces torpilles au moyen de fils électriques appliqués des deux côtés, et faisant mouvoir des organes de propulsion placés latéralement; mais ces appareils deviennent alors si compliqués et si difficiles à manier, que l'on peut douter de l'utilité bien grande de leur action dans un combat naval; et les torpilles portées par des hommes déterminés, et amenés près des navires attaqués paraissent encore les plus redoutables dans de semblables occasions.

En résumé, l'invention de ces puissants moyens de destruction, grâce à l'énergie des actions brisantes des matières explosives, détonant instantanément, est un fait important pour l'avenir de la guerre maritime, et surtout profitable pour la défense des côtes et des passes où l'ennemi devrait se placer pour détruire les ports du littoral.

TORRÉFACTEUR. Voyez RÉGULATEUR.

TOUR. Le tour occupe incontestablement le premier rang parmi les machines-outils, son usage est général dans une foule de professions, et il n'existe pas d'atelier de construction qui n'ait un ou plusieurs tours avant de posséder aucune autre machine-outil. Le travail de ces dernières peut, en effet, être exécuté avec précision, quoique beaucoup moins rapidement, à la main, tandis qu'il serait très difficile, pour ne pas dire impossible de remplacer en aucune manière la précision mathématique et la rapidité d'exécution des pièces circulaires obtenues par l'usage du tour. Employé par beaucoup de personnes, cet outil s'est perfectionné rapidement, il a subi un grand nombre de modifications importantes; on l'emploie à former non seulement des surfaces cylindriques, mais encore des cônes, des surfaces planes, sphériques, des polyèdres de toutes les formes, des hélices, etc. Il sert journellement à percer et à aléser des trous tant cylindriques que coniques. Aussi le voit-on, suivant ces divers usages, se modifier et se subdiviser en outils spéciaux, qui, tout en découlant du même principe, sont chacun plus ou moins particulièrement destinés à reproduire telle ou telle forme. Sa manière d'opérer est du reste, tout à fait opposée à celles des autres machines-outils et outils. L'ajusteur qui attaque le métal à la lime, ou l'emporte au burin, transporte le point d'application de l'effort qu'il déploie, et produit ainsi un travail proportionnel à l'effet qu'il développe et par suite à la fatigue qu'il éprouve; dans le tour, au contraire, la matière à emporter appartenant au corps mis en rotation par une force mécanique, se présente au tranchant de l'outil, et le tourneur ne développe qu'une force minime, souvent même il place son outil sur un chariot qu'il fait mouvoir et regarde la matière s'en-

lever par l'action d'un moteur extérieur auquel il peut souvent emprunter une force illimitée.

Presque tous les tours sont horizontaux, quelques-uns sont verticaux, ceux employés par le potier, par exemple.

On distingue dans les tours deux grandes subdivisions: les tours à pointes et les tours en l'air. Dans les premiers la pièce à tourner se trouve placée entre deux pointes fixes et on la met en mouvement en fixant sur elle une poulie qui reçoit, au moyen d'une corde, un mouvement circulaire continu ou circulaire alternatif. D'autres fois, et c'est le cas le plus général, une des pointes forme l'extrémité d'un arbre auquel on donne un mouvement de rotation, mouvement qui se communique à la pièce à tourner par le moyen d'un taquet fixé à cet arbre. La seconde pointe peut se rapprocher ou s'éloigner de la première suivant la longueur de la pièce à travailler.

Cette seconde espèce de tour à pointes peut se transformer en tour en l'air en supprimant la seconde pointe et en plaçant la pièce à l'extrémité de l'arbre mobile, on peut alors l'attaquer de tous les côtés, excepté par le point d'attache.

Tour a pointes. Le tour à pointes est simple à établir: deux jumelles en bois parallèles sont supportées à leurs extrémités par deux pieds formant le banc du tour. Les pièces de bois qui supportent les pointes sont appelées *poupées*, ce sont des billes de bois carrées, terminées par un tenon à double arrasement qui pénètre entre les deux jumelles, les dépasse en dessous et porte à sa partie inférieure une mortaise transversale dans laquelle on passe une clef en bois qu'on chasse à coups de masse pour faire appuyer fortement la poupée sur les jumelles. Les pointes sont fixées à 3 décimètres au-dessus du banc, pour un tour de moyenne grandeur, et à un décimètre environ du sommet de la poupée. D'ordinaire, la pointe de gauche est immobile ainsi que la poupée, et la pointe de droite de la poupée mobile est une vis pointue vissée dans cette poupée qu'elle peut dépasser de un décimètre du côté de la première pointe.

Il faut maintenant donner au tourneur un appui solide sur lequel il puisse poser son outil afin d'attaquer la pièce fixée entre les pointes. Cet appui s'appelle support à chaise, et se compose de trois parties: la *semelle*, la *chaise* et la *cale*.

La semelle est une planche de 3 à 4 centimètres d'épaisseur sur 14 de largeur, et de longueur variable suivant la force du tour. Elle porte dans une partie de sa longueur une ouverture longitudinale large de 3 centimètres, destinée à recevoir le collet d'un boulon dont la tête carrée sera noyée dans deux feuillures pratiquées le long des côtés de l'ouverture et en dessous; le boulon passe entre les jumelles, traverse une forte barre en bois, au-dessous de laquelle est un écrou à oreille avec lequel on opère la pression et la fixation de la semelle sur l'établi. On comprend facilement qu'en desserrant le boulon on peut faire glisser la semelle dans un sens perpendiculaire à la ligne des pointes et même l'incliner par rapport à cette ligne; on peut aussi la faire marcher le long des jumelles et la placer par conséquent dans la position convenable par rapport à la pièce à tourner.

La chaise est un morceau de bois en forme d'équerre, appuyant par des branches horizontales sur la semelle à laquelle elle est fixée par un boulon. Ce boulon, taraudé à sa partie inférieure, s'engage dans un écrou noyé au-dessous de la semelle; il se termine à sa partie supérieure par une forte tête percée de deux trous en croix dans lesquels on introduit la queue d'une clef pour serrer la chaise sur la semelle quand on a fait tourner de la quantité convenable cette chaise autour du boulon.

La cale est une planche épaisse de métal ou de bois dur qu'on attache devant la branche verticale ou le dossier de la chaise au moyen d'un écrou en T. Cette cale n'a par le bas que la largeur du dos de la chaise, dans le haut elle s'élargit et est terminée par deux pointes; c'est sur la partie supérieure de cette cale que l'on appuie l'outil. Pour que la cale puisse être haussée ou baissée à volonté, le trou qu'on y pratique pour laisser passer le T n'est pas rond, mais allongé dans le sens vertical.

On emploie encore d'autres supports pour le tour en l'air; tel est le support à barre composé d'une planche en bois parallèle à l'axe du tour et portée sur deux espèces d'équerres qui peuvent glisser à frottement dur et perpendiculairement à cet axe dans deux mortaises pratiquées dans les poupées au-dessous des pointes. Ce support est loin d'être aussi commode que le support à chaise qui vient d'être décrit et qui a l'avantage d'être aussi applicable au tour en l'air.

On communique à la pièce à tourner un mouvement, soit circulaire alternatif, soit circulaire continu; dans le premier cas c'est au moyen d'une corde qui fait plusieurs fois le tour de la pièce et que deux hommes tournent alternativement; d'autres fois, et c'est même le cas le plus fréquent, la corde s'attache à l'extrémité d'une perche élastique fixée par l'autre bout au plafond de l'atelier, descend verticalement en faisant plusieurs fois le tour de la pièce à tourner, continue ensuite à descendre et s'attache à un levier nommé *pédale*. Ce levier peut osciller autour d'un point fixe. Le tourneur place le pied sur la pédale, et pendant qu'elle descend il attaque sa pièce avec l'outil; quand il relève le pied l'élasticité de la perche fait remonter la pédale et tourner la pièce en sens contraire.

Ce système est simple, mais entraîne une perte de temps considérable, puisque le travail est discontinu, en occasionnant en outre de fortes vibrations dues à l'action intermittente de l'outil. Il est de beaucoup préférable d'enrouler la corde sur une poulie fixée à la pièce à tourner, et sur une seconde poulie plus grande mise en mouvement, soit par le pied du tourneur, au moyen d'une pédale, soit par un manœuvre quand l'effort à produire est un peu considérable (fig. 1).

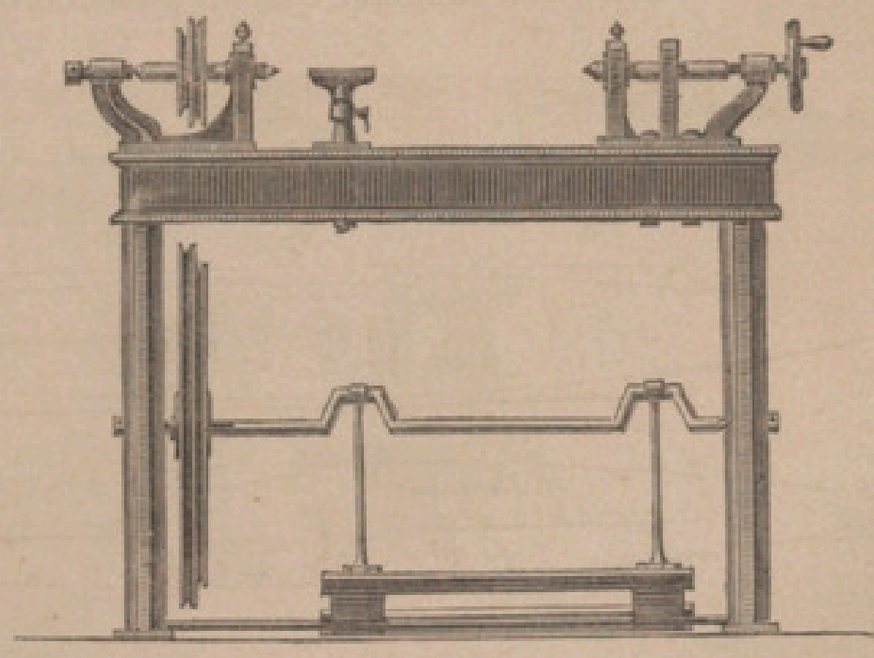


Fig. 1.

Rien de plus facile que de monter une pièce sur le tour à pointes; s'agit-il par exemple d'un pied de lit, on bornoie la bûche d'où on doit le tirer; si elle est droite il y a peu de déchet, si elle est courbe il faudra enlever beaucoup de bois. On trace aux deux extrémités deux cercles égaux en diamètre à la pièce que l'on veut obtenir, on place les centres de ces cercles de manière à ce que la ligne qui les joint ne s'approche jamais de la surface de la pièce en aucun point de plus près que le rayon définitif. Il faut beaucoup d'habitude pour arriver à remplir promptement cette condition. On

enfonce alors les centres avec une pointe de fer conique et on fait entrer les deux trous ainsi obtenus dans les pointes du tour qu'on humecte d'huile pour adoucir les frottements, on serre assez les pointes pour que le bois ne ballotte pas quand on l'ébranle, et pas assez pour l'empêcher de tourner librement.

On attaque d'abord le bois, quelle que soit sa nature, avec une *gouge*, outil demi-cylindrique affûté à son extrémité, qui dévore le bois avec beaucoup de rapidité, et que l'on tient incliné avec les deux mains, et en attaquant le bois au-dessus de son axe; cet outil ne doit pas être présenté constamment en ligne directe devant l'ouvrier, mais incliné successivement de droite à gauche, après avoir produit un sillon de la profondeur de sa lame et même un peu moins.

Pour enlever les irrégularités produites par la gouge on emploie un *ciseau* ou *fermoir*, outil dont le tranchant est formé par la rencontre de deux biseaux. Cet outil se tient de même que la gouge, mais est plus difficile à mener, il termine complétement le cylindre; on s'en sert aussi pour mettre les bases du cylindre d'équerre avec son axe. Nous compléterons plus loin ces notions sur les outils.

Tour en l'air. Le tour en l'air diffère du tour à pointes en ce que la pièce n'est plus reçue entre deux pointes, mais est fixée par l'intermédiaire d'un *mandrin* à l'extrémité d'un arbre en fer, supporté d'ordinaire par un collet et une pointe. La pointe peut être portée par une poupée différente de la poupée qui porte le collet; celle-ci est percée à la hauteur de la pointe d'un trou conique garni intérieurement d'une bague en cuivre ou en étain (fig. 2).

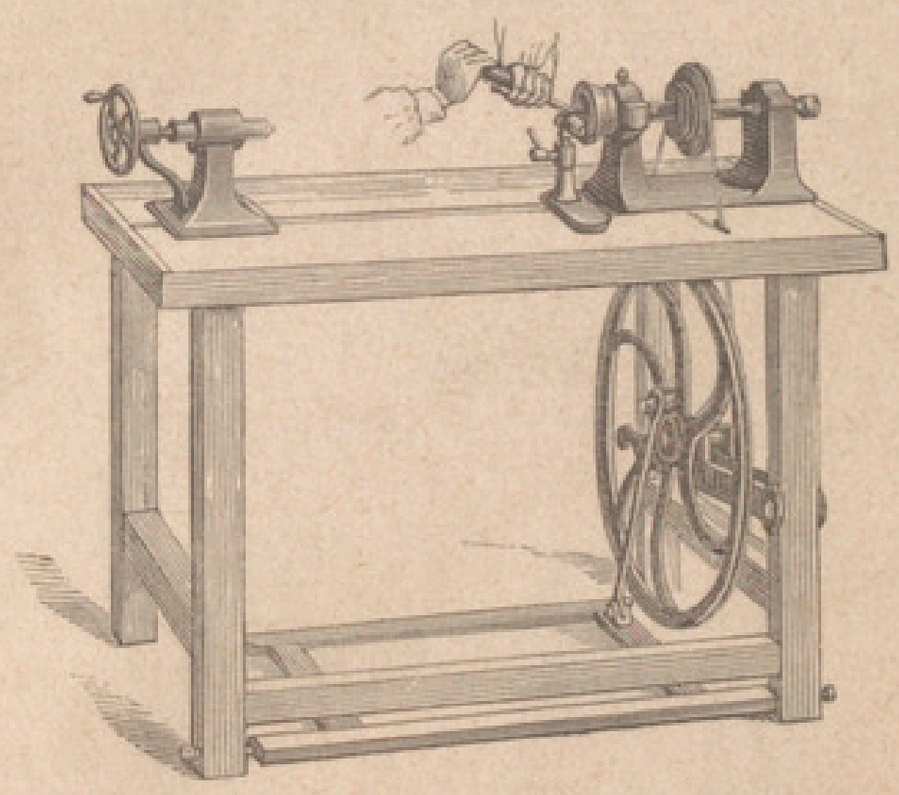


Fig. 2.

L'arbre est un morceau de fer tourné, conique dans la partie de sa longueur qui doit être placée dans le collet; à droite de cette partie conique, on tourne une partie cylindrique qu'on filète avec une filière et qu'on égalise au peigne; on y place un écrou qu'on tourne sur l'arbre même en ayant soin de le dresser parfaitement par devant; on fait dépasser la partie filetée de 3 centimètres en avant de l'écrou qui sert alors d'embase. On tourne l'arbre à gauche de la partie conique, on le coupe à la longueur voulue, et on y fait le trou où doit s'engager la pointe. Pour mettre en place, on dévisse l'écrou qui prendra désormais le nom d'embase puisqu'il en remplit la fonction, on fait entrer la partie conique de l'arbre dans le collet conique de la poupée; on fait entrer la pointe de gauche dans le pointage de l'arbre, on remet l'écrou à embase sur la vis qui saille en avant de la poupée, on met de l'huile aux endroits qui frottent et le tour est prêt à fonctionner, après qu'on a fixé et calé sur son arbre la bobine à laquelle une corde doit communiquer le mouvement de rotation.

On a soin de serrer au moyen de la vis de la seconde poupée la partie conique de l'arbre contre le collet, afin d'empêcher tout mouvement, soit dans le sens latéral, soit dans le sens longitudinal; on doit desserrer un peu la pointe pour avoir un frottement plus doux toutes les fois qu'on communique à l'arbre un mouvement très-rapide.

On a divers moyens de fixer sur l'arbre les objets à tourner: s'agit-il, par exemple, d'une pièce de bois qu'on doit tourner extérieurement et creuser intérieurement en forme de vase; on pratique vers le fond, avec une mèche, un trou de la grosseur de la vis du nez de l'arbre; on présente ce trou à la vis, et en faisant tourner, soit la pièce, soit l'arbre, on taraude le trou et on réunit l'arbre au morceau de bois. Le support à chaise décrit à l'occasion du tour à pointes est très-commode dans cette occasion, pouvant prendre une infinité de positions, tant par le mouvement de la semelle sur les jumelles, que par le mouvement de rotation de la chaise sur le boulon qui la réunit à cette semelle, et par les différentes hauteurs auxquelles on peut placer la cale.

Mais c'est, en général, à l'aide de mandrins spéciaux montés sur le nez du tour, pour des pièces qui doivent être reproduites fréquemment, à vis pour serrer des pièces de tout genre, que l'on travaille les pièces sur le tour en l'air. Comme exemple de ce dernier genre nous décrirons le *mandrin universel* de M. Rouffet. La fig. 3

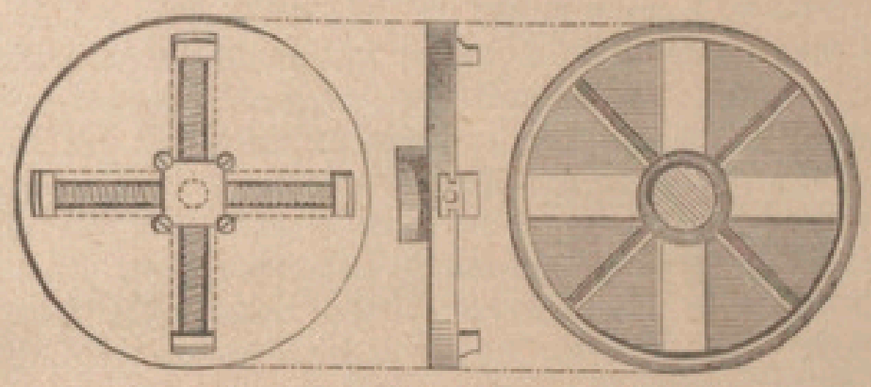


Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

le représente vu par devant; la figure 4, vu sur champ; la figure 5, vu par derrière. Tout le plateau se fait d'une seule pièce de fonte, cuivre ou fer; on l'évide en dedans par derrière, afin de le rendre moins pesant; les traverses en croix, ainsi que les nervures, sont en saillie sur le fond, qui peut avoir 5 ou 7 millimètres d'épaisseur; le manchon est fileté intérieurement, et reçoit le nez de l'arbre dans l'écrou qu'il forme.

On ajuste dans les coulisses des mâchoires en acier, taillées en lime par devant, un peu arrondies par derrière, et percées d'un trou taraudé dans lequel passe la vis de rappel dont il va être parlé. La figure montre le profil de ces mâchoires.

Les quatre vis de rappel qui font mouvoir les mâchoires ont une tête carrée entrant dans une clef qui sert à les tourner. Par le bout opposé sont trois filets non inclinés, mais simplement circulaires, qui servent à tenir la vis en place et à faire le rappel. Ces trois filets droits entrent dans trois rainures circulaires pratiquées d'une part dans le plateau circulaire, et de l'autre dans la pièce carrée rapportée.

Cette pièce carrée, ajustée dans le milieu du plateau, tient avec quatre vis taraudées dans la jonction, moitié sur le plateau, moitié sur la pièce; mais avant de fixer ces vis, il convient de faire les trois rainures circulaires dans lesquelles entrent les trois filets droits, qui forment le rappel.

Lorsqu'on veut saisir une pièce extérieurement, on met la clef sur les carrés des vis, et en les faisant tourner on fait glisser dans les coulisses, les

mâchoires, qui pressent sur la pièce. Lorsqu'on veut la prendre intérieurement, on tourne les vis en sens contraire, et alors le revers des mâchoires atteignant par sa partie courbe, lors de l'écartement, l'intérieur de la pièce à tourner, la maintient également très-solidement.

TOURS DES GRANDS ATELIERS. C'est surtout dans les grands ateliers de construction, que le tour a subi les modifications les plus importantes et reçu les plus grands perfectionnements. Etabli sur des dimensions variables, destiné à travailler des pièces de dimensions et de formes très-différentes, il a dû, pour satisfaire à ces exigences, se modifier et se subdiviser de beaucoup de manières.

Le tour à pointes fixes des anciens tourneurs en bois a disparu complétement, pour ainsi dire; plus de corde enroulée, plus de bobine fixée sur la pièce à travailler. Le mouvement circulaire continu est communiqué par le moteur général au moyen de poulies, de courroies et d'engrenages, qui permettent de varier beaucoup la vitesse de rotation suivant la nature et le diamètre des pièces à tourner. La pointe de gauche est toujours mobile et fixée, comme pour le tour en l'air, à l'extrémité de l'arbre, ordinairement supporté par deux collets et poussé par une pointe qui l'empêche de reculer dans le sens de la longueur; les poupées en bois sont remplacées par des poupées en fonte; la pointe fixée à la poupée de droite ne forme plus l'extrémité d'une vis, mais celle d'un arbre poussé dans le sens de sa longueur par une vis; disposition bien préférable, car dans le premier cas on remarque que, quand on tourne la vis à pointe, la pointe ne reste pas immobile, mais décrit un petit cercle.

L'extrémité de l'arbre moteur est taraudée extérieurement comme dans le tour en l'air, on y fixe d'ordinaire un plateau circulaire percé de trous ou des mandrins de formes variables, quand on se sert du tour comme tour en l'air et qu'on travaille des pièces qu'on ne pourrait pas fixer commodément sur le plateau. Quand on l'emploie comme tour à pointes, on fixe à l'extrémité de cet arbre, qui est à cet effet taraudée intérieurement, une pointe à vis. Pour entraîner la pièce dans le mouvement de rotation de l'arbre, on adapte à l'embase un boulon ou *toc* qui s'appuie contre un collier qu'on fixe au moyen d'une ou deux vis à l'extrémité de la pièce à tourner.

On distingue dans les ateliers de construction :

1° *Le tour à pointes simple* dont l'arbre moteur ne porte ordinairement qu'une ou deux poulies; son mouvement de rotation est assez rapide, aussi ne l'emploie-t-on que pour tourner le bois ou des petites pièces de cuivre ou de fer dont le diamètre ne dépasse pas 6 ou 8 centimètres; il est ordinairement établi sur deux jumelles en bois et porte un support à chaise analogue à celui que nous avons décrit.

2° *Le tour à pointes et à engrenages* établi ordinairement sur des dimensions plus considérables que le tour à pointes simple et sur lequel on peut obtenir des vitesses différentes suivant le diamètre ou la nature des pièces à tourner; il est établi aussi sur deux jumelles. Comme le tour à pointes simple, son support se compose d'une semelle ordinairement en fonte, sur laquelle on peut placer une chaise et une cale pour tourner à la main; le plus souvent cependant on remplace la chaise et la cale par un porte-outils à coulisses réuni à la semelle par un bouton et sur lequel on fixe l'outil. On peut, au moyen de deux vis de rappel qui conduisent les coulisses, faire marcher l'outil perpendiculairement ou parallèlement à l'axe de la pièce à tourner; quand on fait tourner le porte-outil sur le boulon qui le réunit à la semelle on peut avoir des directions inclinées.

Ce tour s'emploie non-seulement comme tour en l'air, on s'en sert aussi pour aléser des trous; quand les trous ont peu de profondeur on fixe sur le porte-outils un outil qui le dépasse d'une quantité égale ou un peu plus considérable que la longueur du trou; on fixe la pièce contre le plateau et on fait avancer l'outil dans le sens de l'axe.

Ce système est inapplicable pour les trous profonds, l'outil n'étant pas assez fort pour résister à un porte-à-faux de plus de 8 à 10 centimètres. On emploie alors quelquefois la disposition suivante :

On fixe l'outil sur un arbre parfaitement cylindrique et ajusté sans jeu dans un trou alésé dans l'arbre du tour; cet arbre doit être assez long pour entrer d'au moins 20 à 25 centimètres dans le trou, il peut du reste être maintenu en avant de la pièce à aléser par une lunette. Cet arbre ne peut tourner sur lui-même, mais doit avancer d'un mouvement très-régulier, poussé par la pointe de la poupée mobile dont on fait avancer la vis, soit à la main, soit par un renvoi convenablement disposé. Ce moyen est souvent employé pour aléser des moyeux de roues d'engrenage dont on a auparavant tourné la partie extérieure; il est utile surtout dans des ateliers peu considérables, qui ne possèdent pas d'alésoirs particuliers.

3° *Le tour à plateau* est destiné à tourner des pièces d'un grand diamètre tant en bois qu'en fonte; il est nécessaire alors de pouvoir obtenir des différences de vitesses beaucoup plus considérables que dans le tour à engrenages; ce tour ne s'emploie guère que comme tour en l'air, la poupée fixe est alors éloignée du chariot; la pièce à tourner peut alors avoir des dimensions, pour ainsi dire quelconques, tandis que dans les tours décrits jusqu'ici son diamètre était limité au double de la distance comprise entre la pièce et le banc. Ce tour est souvent employé pour l'alésage.

4° *Le tour parallèle et à chariot* qui diffère surtout des précédents par la disposition particulière du banc. Les deux jumelles en bois sont supprimées et remplacées par un banc en fonte composé de deux flasques verticales dressées sur leurs parties supérieures et latérales et servant de guides à un chariot qui peut marcher sur toute la longueur du tour. L'outil est placé sur ce chariot à la hauteur des pointes et doit se transporter bien parallèlement à la ligne qui joint leurs extrémités. Nous renvoyons pour cet organe capital à l'article MACHINES-OUTILS, où il a été analysé en détail. Quelquefois les parties dressées des flasques parallèles sont remplacées par deux colonnes en fer tournées exactement cylindriques. Cette disposition rend la construction de la machine plus simple, car ces colonnes se font au tour, tandis que les flasques ne peuvent être faites qu'aux machines à raboter, ou au burin et à la lime par la main de l'ajusteur.

La poupée mobile est placée sur les flasques le long desquelles elle peut se transporter suivant la longueur de la pièce à travailler. Une fois mise en place, on la fixe sur le banc au moyen d'une traverse et d'un boulon, d'une manière analogue à celle décrite dans le tour à pointes simples.

Le mouvement longitudinal est ordinairement transmis au chariot au moyen d'un pignon et d'une crémaillère; d'autres fois, par une vis qui règne sur toute la longueur du tour. Le tour à chariot est alors dit *machine à fileter* (voy. VIS), et on l'emploie principalement pour faire avec beaucoup d'exactitude, des vis et des écrous de différents pas et de différents diamètres.

Quelques ateliers possèdent encore des tours spéciaux qu'il est impossible de décrire ici, et qui varient à l'infini suivant les diverses pièces à travailler. Il est des tours, par exemple, qui sont uniquement destinés à tourner des robinets et à aléser leurs boîtes; d'autres qu'on emploie pour tourner et aléser des surfaces sphériques, etc., etc.

OUTILS. Il reste, pour finir cet exposé, quelques mots à dire sur les outils employés par le tourneur.

Deux causes limitent la quantité de matière qu'on peut enlever avec un outil : les dimensions du tour et l'échauffement de l'outil; il est donc important de diminuer ces causes le plus possible; à cet égard la forme des outils est très-importante, pour le fer surtout. (Voy. OUTILS COUPANTS.)

Pour la fonte et le cuivre, le copeau une fois enlevé se brise en petits éclats, aussi les outils s'échauffent-ils peu et ces métaux se tournent à sec. Le fer, au contraire, est plus tenace, les parties enlevées restent réunies, forment des copeaux qui, en passant sur l'outil, l'échauffent, aussi est-on obligé de rafraîchir avec de l'eau de savon ou de l'huile. En général les outils doivent être disposés à enrouler le copeau le moins possible après l'avoir détaché de la pièce. Il est clair que cet enroulement n'a lieu qu'aux dépens d'un frottement considérable sur le burin; cette observation a lieu aussi bien pour les machines à raboter, à mortaiser, etc., que pour les tours.

Les outils de tour se font ordinairement en acier fondu, ceux dont la pointe n'est pas trop fragile se trempent dans toute leur force et sans recuit. On doit faire revenir les outils dont la pointe est fragile, comme le *grain d'orge*.

Les outils pour le fer sont des *crochets* qu'on présente à la matière, le manche élevé et appuyé sur le support sur lequel de petites dents ou encoches les fixent pour qu'ils ne puissent pas reculer; les outils fixés sur des chariots sont appelés *burins*, ils attaquent d'ordinaire la matière par un angle. D'autres fois, pour le cuivre, par exemple, ils sont arrondis et peuvent couper des deux côtés.

Quand on attaque une pièce de fonte dont la croûte est toujours très-dure, on emploie un outil recourbé qui n'attaque pas directement cette croûte, mais la fait sauter en petits éclats en la prenant en dessous.

On termine ordinairement les surfaces à la *plane*, outil très-large qui se manie à la main et qui enlève toutes les irrégularités laissées par le burin et le crochet; quelquefois on polit avec des limes garnies d'huile, pendant que la pièce tourne, et on rode avec de l'émeri et de l'eau.

On appelle lunette une potence qui soutient les pièces montées sur le tour à pointes; quand elles sont de faibles dimensions, la lunette se fixe d'ordinaire sur un support à chariot et se transporte avec lui. On a des lunettes de différents diamètres pour les différentes pièces; quelquefois les lunettes sont composées de 3 ou 4 pièces d'acier, qu'on éloigne ou qu'on rapproche à égale distance de la ligne des pointes au moyen de vis, et qui s'appuient sur l'arbre à tourner; par cette disposition la même lunette est applicable à différents diamètres.

VITESSE DES OUTILS. La vitesse qui correspond au minimum de force motrice pour le tour, condition intéressante à examiner, mais qui n'est que d'importance secondaire au point de vue du prix de revient de l'ouvrage exécuté, est :

Pour le fer.	$0^m,055$	par seconde.
Pour la fonte. . . .	$0^m,040$	»
Pour le bronze. . . .	$0^m,065$	»

Le serrage (l'épaisseur du copeau) qui répond au même minimum est $0^m,0003$ pour le fer, la fonte et le bronze. La largeur du copeau peut varier de $0^m,010$ à $0^m,040$ sans changer les conditions d'utilisation du travail moteur. Dans l'allure rapide on peut prendre $0^m,100$ pour vitesse et $0^m,001$ pour serrage.

Les auteurs anglais indiquent comme vitesse maximum $0^m,090$ et comme épaisseur de passe $0^m,00025$ à $0^m,00063$.

M. Poulot a conclu d'une série d'expériences faites sur différents métaux que la vitesse la plus convenable à donner aux tours, au double point de vue de la bonne utilisation de la force motrice et de la rapidité d'exécution, est :

100	millimètres par seconde pour	le fer,
95	—	l'acier,
80	—	la fonte,
110	—	le bronze.

Quant à l'épaisseur de la passe, il a reconnu qu'elle ne devait pas dépasser trois quarts de millimètres, et qu'il était souvent avantageux de ne lui donner qu'un demi-millimètre. Dans ces conditions de vitesse et de serrage, on produit beaucoup de travail sans échauffer l'outil et sans faire vibrer la pièce.

L'arbre du moteur et toutes les transmissions principales d'un atelier étant animés d'une vitesse constante, c'est à l'aide de poulies intermédiaires et des organes mêmes du tour qu'on obtient les diverses vitesses nécessitées par le diamètre et la nature des pièces. Dans un grand atelier, où l'on emploie généralement les mêmes tours pour fabriquer des pièces dont la grosseur varie peu, rien n'est plus facile que d'obtenir les vitesses de régime normal. Dans un atelier plus modeste, où le nombre des machines-outils est très-limité, on est forcé de travailler sur le même tour des pièces exigeant des vitesses très-différentes : il faut alors se contenter d'approcher le plus près possible de la vitesse voulue.

Lorsque le travail à exécuter est de courte durée, il est inutile de rechercher exactement le nombre de tours à faire faire à la pièce; mais si, au contraire, le travail est important, comme dans le chariotage des arbres de transmission, il importe de s'assurer si la vitesse à la circonférence est bien celle qui convient pour le maximum du rendement.

TOUR A PORTRAIT. Le tour à portrait, inventé par Hulot, se compose en principe de deux poupées de tour parallèles, pouvant s'éloigner ou se rapprocher à volonté l'une de l'autre. L'arbre de chacune de ces poupées porte une roue, dont la circonférence est taillée en dentures inclinées dans lesquelles engrènent les filets d'une vis ou plutôt de deux manchons filetés portés par un axe commun, perpendiculaire aux deux arbres des poupées, de sorte que, lorsque cet axe tourne, son mouvement de rotation détermine le mouvement de rotation simultané des deux arbres avec la même vitesse, les deux roues portant le même nombre de dents. Ajoutons que ces divers mouvements sont presque toujours d'une extrême lenteur, qu'ils prennent leur origine sur une roue mue par une pédale, et qui commande une poulie placée sur l'axe longitudinal portant les manchons. Enfin le modèle est placé sur le nez de l'un des arbres, et la matière à travailler sur le nez de l'autre, de sorte que tous deux font exactement un tour entier dans le même temps (fig.).

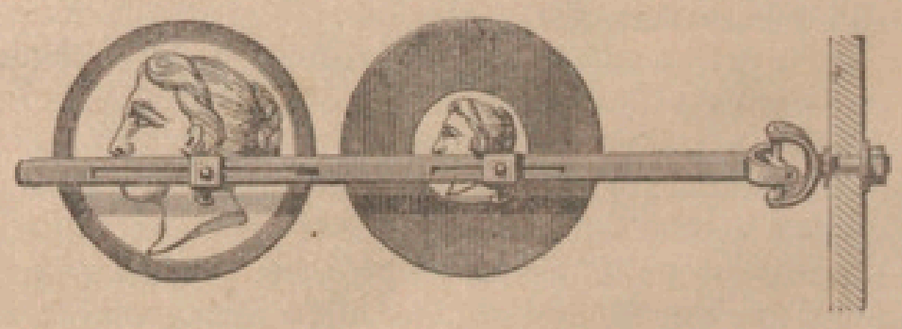


Fig. 6.

A l'extrémité opposée du bâti est articulée, par un genou de Cardan, une barre de fer rectangulaire qui règne sur toute la longueur de l'appareil, au-devant du nez de chaque poupée, et se termine d'une part par deux cylindres parallèles entre lesquels se loge une cheville portée par un écrou monté sur une vis mue par l'axe moteur, de sorte que cette *barre* suit, pour l'extrémité qui porte ses galets, le mouvement vertical de

l'écrou. Son autre extrémité tourne autour d'un point fixe, ce qui, pour chaque point de sa longueur, lui fait parcourir des arcs de cercle dont l'étendue est proportionnelle à leur distance au point autour duquel la barre tourne. C'est au moyen d'un genou de Cardan qu'est obtenu ce point fixe qui, indépendamment du mouvement vertical, permet un mouvement horizontal qui, comme on le sait, a la propriété de permettre ces mouvements à angle droit.

Sur la barre sont placées deux pièces, dont l'une porte la touche, l'autre le burin, et qui peuvent se fixer sur tous les points de sa longueur. Enfin un ressort pousse constamment la barre vers les poupées avec une force suffisante.

Examinons maintenant les fonctions de l'appareil.

Un modèle est placé sur le nez de l'arbre le plus voisin de la colonne; la matière à travailler sur celui qui en est le plus éloigné. La barre est amenée dans une position telle, que la touche et la pointe du burin coïncident exactement, la première avec le centre de l'arbre qui porte le modèle, et la seconde avec le centre de l'autre arbre.

Si l'on fait mouvoir la pédale, toutes les pièces décrites se mettent en mouvement. L'axe longitudinal fait tourner les deux arbres au moyen de ses deux manchons; la vis verticale fait descendre son écrou, et, avec lui, la barre qui porte la touche et le burin; d'où il résulte que la touche et le burin décrivent, chacun sur le modèle et la matière à travailler, une volute plus ou moins serrée, selon les rapports qu'on a établis entre la vitesse des arbres et celle de l'écrou. Mais cette volute est toujours plus serrée pour le burin que pour la touche, parce qu'il est plus près du centre du mouvement de la barre, et que l'axe qu'il parcourt est plus court que celui de la touche. Il en résulte que la surface du cercle formé par la révolution de la volute du burin est plus petite que celle du cercle parcouru par la touche, dans le rapport des distances réciproques de la touche et du burin, au centre du mouvement de la barre.

D'un autre côté, les saillies et les dépressions du modèle contre lequel la touche reste constamment appliquée sous la pression du ressort, déterminent dans la barre des mouvements horizontaux simultanés avec son mouvement vertical, de sorte que quand la touche est repoussée par une saillie du modèle, le burin recule et pénètre moins dans la matière à travailler que lorsque la touche pénètre dans les dépressions du modèle.

Mais comme le centre des mouvements horizontaux de la barre est à la même distance de la touche et du burin que son centre de mouvement vertical, il en résulte la même proportionnalité dans la grandeur des saillies et des dépressions de la copie, par rapport à celles du modèle, que celle que nous avons trouvée dans la surface des cercles parcourus par la touche et le burin; qu'en un mot, la réduction de la copie est exactement proportionnelle dans tous les points; de sorte qu'il suffit, pour obtenir une réduction dans des proportions quelconques, de placer la poupée de la copie à une distance telle des centres de mouvement de la barre, que cette distance soit à celle de la poupée du modèle aux mêmes centres, dans le rapport de la réduction qu'on veut obtenir.

Telle est la remarquable invention d'Hulot, qui rend d'immenses services à beaucoup d'artistes et surtout aux graveurs en médailles.

On sait, en effet, qu'il est beaucoup plus facile de modeler et surtout de ciseler une grande pièce qu'une petite. L'artiste qui veut se servir du tour à portrait a, en exécutant une cire de grandeur décuple de la médaille qu'il veut produire, toute la liberté possible pour en proportionner convenablement toutes les parties. Il peut, sur le bronze obtenu avec cette cire, exécuter de nombreux détails que le tour à portrait réduira avec la plus scrupuleuse vérité, ne laissant d'autre travail à exécuter que celui de faire disparaître, sur le coin d'acier ainsi travaillé, la volute microscopique taillée par le burin.

Mais le tour à portrait ne peut se prêter qu'à la reproduction de médailles et de bas reliefs de petites dimensions; il exige de plus que le modèle soit en matière assez dure pour ne pas se détériorer sous l'action de la touche. En effet, les dimensions de la barre et son poids croissent rapidement avec la dimension du tour; et quelque faible que soit sa vitesse, lorsque la touche passe d'une saillie à une dépression, cette vitesse étant toujours multipliée par la masse de la barre, on comprendra facilement combien l'action de la touche peut dégrader l'original et qu'en outre la pointe du burin devra fréquemment s'égrener.

M. Colas est pourtant parvenu à reproduire des statues entières en se servant de modèles en plâtre. Pour cela il décomposait ses statues en portions destinées à être moulées séparément, et formant autant de bas-reliefs dont les moules assemblés reformaient le moule de la statue réduite. Pour alléger la barre, il la construisit en bois et ne lui donna, automatiquement, qu'un mouvement vertical. La pratique l'a conduit au système bien plus simple, décrit à l'article PANTOGRAPHE. (Voy. TOURS COMPOSÉS. *Complément.*)

TOURAILLE. Voy. BIÈRE.

TOURBE (*angl.* turf, *all.* torf). La tourbe (voy. COMBUSTIBLES) est le plus récent des dépôts combustibles que l'on rencontre dans le sein de la terre; ces dépôts se forment encore de nos jours dans certaines vallées marécageuses (aux environs d'Amiens, par exemple), aux dépens de plantes aquatiques qui y végètent.

Les bancs de tourbe sont situés, en général, à une faible profondeur au-dessous de la surface du sol, et immédiatement sous la terre végétale. Dans le même banc, la tourbe est d'autant plus dure, plus compacte et plus noire, qu'elle a été extraite d'une plus grande profondeur. Ordinairement on distingue trois principales sortes de tourbe : la tourbe mousseuse, qui est très-légère et spongieuse, entremêlée de tiges de roseaux, de joncs et de filaments végétaux; la tourbe moyenne, plus compacte que la précédente, d'un brun clair, renfermant encore une quantité plus ou moins considérable de fibres de végétaux; la tourbe noire, plus compacte encore, et dans laquelle tous les vestiges de végétaux ont disparu.

L'examen des tourbières permet de reconnaître comment la tourbe s'y forme. La condition essentielle est que l'eau y ait un niveau variable. Lorsqu'il est bas, l'oxygène arrive jusqu'au fond, la végétation des plantes aquatiques y devient bientôt luxuriante. Lorsque le niveau vient à s'élever et que les nombreux animaux qui vivent au fond, et dont les coquilles forment une part importante des cendres que laisse la tourbe, se multiplient, ceux-ci aussi bien que les parties élevées des plantes absorbant l'oxygène, les racines et par suite bientôt toute la plante se décomposent, se transforment en tourbe plus ou moins noire, en raison de l'état plus ou moins avancé de décomposition, des conditions plus ou moins favorables à la fermentation.

Les terrains tourbeux se reconnaissent à la nature tremblante et élastique du sol. On les explore, ainsi que nous l'avons dit à l'article SONDAGE, au moyen d'une petite sonde terminée par une tarière en fer d'un faible diamètre, et dont la longue tige est divisée en parties équidistantes et égales à la hauteur que l'on donne, dans le pays, aux *pointes* de tourbe. En enfonçant progressivement la tarière, à chaque fois, d'une quantité égale à

une division de la tige, on détermine ainsi successivement, d'abord l'épaisseur des terres de recouvrement, puis celle du banc de tourbes en pointes, et la qualité de la tourbe à chaque profondeur.

Toutes les tourbes sont assez tendres pour pouvoir se couper à l'aide d'un instrument tranchant, une bêche, par exemple. On peut la couper à pic, sur une assez grande hauteur, sans crainte d'éboulements, pourvu que l'on évite de charger le sol sur le bord des entailles, en y déposant les terres de recouvrement que l'on a enlevées pour découvrir le banc tourbeux.

L'exploitation de la tourbe s'opère de deux manières essentiellement différentes, selon qu'il est possible ou non d'assécher le banc tourbeux.

Nous supposerons d'abord que l'on puisse assécher le sous-sol sur lequel repose le banc de tourbe, au moyen d'une rigole d'écoulement convenablement disposée. On exploitera le banc au moyen de tranchées ou fossés longitudinaux, de 3 à 4 mètres de large, ouverts à partir du bas de la vallée, en enlevant la tourbe en remontant; les premières entailles faites au bas de la vallée serviront au besoin de puisards pour recevoir les eaux des entailles supérieures. Ces entailles successives sont parallèles entre elles et placées immédiatement à côté les unes des autres, ou au moins le plus près possible.

Après avoir enlevé les terres de recouvrement, on exploite la tourbe à l'aide d'un *louchet*, sorte de bêche dont le fer a $0^m,32$ de long sur $0^m,08$ de large, et est armé à sa partie inférieure d'un aileron formant avec lui un angle légèrement obtus et ayant également la même largeur, $0^m,08$. Le louchet coupe donc sur deux faces, de sorte que les pointes de tourbe se trouvant détachées sur leurs quatre faces verticales et leurs faces supérieures, se laissent facilement détacher de leur base. Quand on est pressé, on exploite le banc de tourbe, dans la même entaille, par banquette ou gradins, sur chacun desquels on place un ou deux *tireurs*. Le tireur peut jeter les pointes de tourbe à l'ouvrier chargé de les recevoir sur les bords de l'entaille, d'une profondeur d'au plus $3^m,50$; au delà, on place un ouvrier intermédiaire qui reçoit les pointes des tireurs et les jette à la surface.

Les eaux doivent toujours être épuisées au niveau de la banquette la plus basse où se placent les ouvriers; quand la quantité en est notable, on emploie autant d'ouvriers que l'on peut, afin d'accélérer l'exploitation. Lorsque l'affluence des eaux est trop grande dans la profondeur, on achève quelquefois l'exploitation sous l'eau au moyen du *grand louchet*, qui diffère du louchet ordinaire en ce qu'il est muni de deux ailerons placés à angle droit avec le fer; au-dessus du fer et des ailerons se trouve un grillage en fer mince, formé par deux bandes verticales fixées aux ailerons, près de leurs extrémités, et par des doubles équerres horizontales qui se lient aux premières et au manche de l'instrument; le manche est très-long et atteint souvent 7 et 8 mètres. On enlève à la fois avec le grand louchet un prisme de tourbe ayant trois à quatre hauteurs de pointe. L'extraction au grand louchet est à très-peu près la moitié de ce qu'elle serait au louchet ordinaire si les eaux étaient épuisées.

On fait sécher les tourbes à l'air libre sur une aire sèche, plane, peu éloignée de l'entaille; on estime que la surface de cette aire doit égaler celle de l'entaille, multipliée par le nombre de pointes extraites sur une même verticale. Le retrait éprouvé par la dessiccation est moyennement tel, que le volume se réduit aux 3/5 de ce qu'il était étant humide.

Le poids du mètre cube de tourbe sèche varie de 250 kil., pour la tourbe mousseuse, à 450 kil., pour les tourbes les plus noires et les plus compactes.

Lorsque l'affluence des eaux est plus considérable, l'extraction se fait sous l'eau au moyen d'une *drague*; cette drague est tout à fait semblable à celle employée pour le curage des rivières, lorsque la tourbe est tout à fait molle; lorsqu'elle offre plus de consistance, on se sert d'une *drague à filet*, qui consiste en un anneau circulaire ou elliptique en tôle, à bord tranchant, fixé à l'extrémité d'un manche en bois plus ou moins long, et au contour duquel est suspendu un filet à mailles plus ou moins serrées, suivant la nature de la tourbe.

Lorsque les fosses ont une faible largeur, le tireur à la drague se tient sur un madrier placé en travers de la fosse; dans le cas contraire, il est placé dans un batelet qu'il remplit de la tourbe extraite.

Tantôt on se contente de mouler la tourbe extraite à la drague dans des moules analogues à ceux qui servent à la confection des briques, tantôt on ajoute à la tourbe une quantité d'eau suffisante pour qu'elle puisse se réduire en pâte tout à fait molle, puis on la démêle avec les mains, un râteau ou tout autre instrument approprié, pour en extraire les débris végétaux non décomposés. On jette ensuite cette sorte de bouillie dans un encaissement rectangulaire formé, sur le pré d'étente, dans une partie bien horizontale, avec des planches maintenue par des piquets. On tasse et égalise la tourbe au moyen de larges pelles; au bout de quelques jours, quand la tourbe a éprouvé un commencement de dessiccation, on la comprime en marchant dessus, après s'être adapté aux pieds des planches, de $0^m,13$ à $0^m,20$ de large sur $0^m,35$ à $0^m,40$ de long : on continue de temps en temps ce piétinement, jusqu'à ce que l'épaisseur de la couche de tourbe soit réduite aux 2/3 environ de sa valeur primitive. On trace alors à sa surface deux systèmes de lignes rectangulaires équidistantes, et dont l'espacement varie avec les dimensions que l'on veut donner aux pointes de tourbe; puis, en suivant les lignes ci-dessus, on divise la tourbe à la bêche; par la dessiccation subséquente, les pointes de tourbe éprouvent un retrait qui achève de les séparer, et acquièrent une consistance suffisante pour que l'on puisse les empiler, et achever en cet état leur dessiccation. Les tourbes préparées par ce dernier procédé sont plus pures, plus compactes et plus homogènes, mais aussi elles exigent un peu plus de main-d'œuvre.

L'exploitation des tourbières mal dirigée, non seulement donne lieu à une grande perte en combustible, mais encore elle les change en marais infects très-insalubres. Aussi doit-on les aménager avec le plus grand soin et remblayer, lorsque cela est possible, les entailles tourbeuses, après leur épuisement complet, par des moyens analogues à ceux que l'on emploie pour épurer les eaux des bocards et patouillets de mines, en disposant les entailles de manière à servir de bassins de dépôts.

Du reste, l'importance de cette matière comme question de salubrité publique a fait attribuer aux ingénieurs des mines, par la loi des 21 avril et 18 novembre 1810, la mission de surveiller et de diriger tous les travaux concernant l'extraction des tourbes et atterrissement des entailles tourbées.

Dans les pays où elle est abondante, la tourbe sert au chauffage domestique et à celui des chaudières à vapeur et autres; son pouvoir calorifique est égal ou même un peu supérieur à celui du bois; elle a l'inconvénient de donner une fumée épaisse d'une odeur excessivement désagréable. Les tourbes des vallées laissent ordinairement une très-forte proportion (6 à 20 p. 100) de cendres, que l'on emploie avec succès pour l'amendement des terres. Les tourbes des pays de montagnes sont beaucoup plus pures, et sont par suite quelquefois utilisées, soit crues, soit carbonisées, dans les opérations métallurgiques qui exigent une température élevée.

P. D.

TOURILLON. Voyez MACHINE A VAPEUR et MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

TOURNE-A-GAUCHE. Barre servant à faire tourner une tige sur elle-même à l'aide des deux mains, chacune située en général à chaque bout, la résistance au milieu; c'est ainsi qu'il est employé pour le taraudage.

Quand le tourne-à-gauche est très grand, il peut être mû par deux hommes. Le trou carré ou carré long, suivant la forme de l'extrémité de la tige à faire virer, et qui se trouve habituellement au milieu, se nomme l'œil. Voyez TARAUD et SONDAGE.

TOURNESOL (*angl.* turnsole, *all.* tournesol). On trouve dans le commerce cette matière tinctoriale sous deux formes différentes qui portent le nom de tournesol en pains et tournesol en drapeaux.

Le *tournesol en pains* se prépare avec les lichens qui fournissent l'ORSEILLE: après les avoir séchés et pulvérisés, on les met dans des baquets avec 54 p. 100 de leur poids de potasse du commerce ou de cendres gravelées, et assez d'urine pour en former une pâte molle; bientôt la masse entre en fermentation; on y ajoute de l'urine au fur et à mesure que ce liquide est absorbé ou s'évapore, jusqu'à ce que la pâte, qui prend d'abord une couleur pourpre, soit devenue d'un bleu foncé; on ajoute alors de la craie en poudre, jusqu'à consistance plastique, et on moule le mélange en petits pains parallelipipédiques que l'on fait sécher à l'ombre. Le tournesol en pains ainsi obtenu est une sorte de laque à base de carbonate de chaux qui fixe la couleur virée au bleu par la réaction alcaline de la potasse et de l'ammoniaque. Il donne dans l'eau une dissolution bleue et qui passe au rouge par l'action des acides. Le papier trempé dans ces dissolutions bleues et rouges, et séché, est fréquemment employé comme réactif dans les laboratoires pour reconnaître la présence à l'état de liberté, le premier, des acides qui le rougissent, le second, des alcalis qui le ramènent au bleu.

Le *tournesol en drapeaux* est formé de chiffons teints en bleu violet par le suc de la *maurelle* (croton tinctorium) plante qui croît dans le midi de l'Europe. On écrase sous le pilon les sommités de cette plante; on en extrait le suc sous une presse, et on y trempe des chiffons qu'on expose ensuite dans des caves où l'on a délayé de la chaux dans de l'urine putréfiée. La couleur fixée sur ces chiffons est ensuite enlevée et sert principalement à teindre en bleu les papiers qui servent d'enveloppe aux pains de sucre et à colorer l'extérieur des fromages de Hollande.

TOURTEAUX. Masse solide qui reste après l'expression des huiles de graines. Voyez HUILE.

TOUTENAG. Voyez NICKEL.

TRANSMISSION DU TRAVAIL MÉCANIQUE. Les puissances utilisables se rencontrent souvent dans un endroit autre que celui où elles peuvent être utilisées, et la transmission du travail qu'elles produisent est du plus haut intérêt. Le problème de l'utilisation des forces naturelles se réduit dans la pratique à celui de la transmission du travail; ce sera la grande préoccupation des générations futures lorsque la houille sera plus chère qu'aujourd'hui, par l'épuisement ou au moins l'approfondissement des mines de houille. La solution du problème a fait de grands progrès de nos jours, et les ingénieurs disposent, suivant les cas, de moyens précieux de le résoudre.

Nous distinguerons :

Les CABLES TÉLODYNAMIQUES, pour des distances de 2 à 300 mètres, système analysé en détail à l'article COURROIES MÉTALLIQUES. *Complément.*

L'AIR COMPRIMÉ, si précieux surtout pour l'exploitation des mines, et l'AIR RARÉFIÉ (Voir ces articles).

L'EAU SOUS PRESSION, que nous allons traiter ci-après en détail.

Enfin l'emploi de l'ÉLECTRICITÉ (Voy. *Complément*).

TRANSMISSION.

TRANSMISSION DU TRAVAIL PAR L'EAU SOUS PRESSION. Ce système, dérivé de la presse hydraulique, a été appliqué avec un véritable génie mécanique par sir William Armstrong, à toutes les manœuvres de force.

Les applications de ce système, dit M. Hirsch (rapport de l'Exposition de 1878), ne tardèrent pas à se multiplier, et reçurent les développements les plus importants; des conduites d'eau à haute pression s'établirent le long des voies des gares de chemins de fer, des quais des ports de mer et des docks, aux divers étages des grands ateliers de manutention, dans les bâtiments des usines, sous les ponts des navires de guerre, etc. La pression est ainsi distribuée aux récepteurs les plus variés: grues, cabestans, machine à mâter, monte-charge, ascenseur, appareil pour la manœuvre des portes d'écluse et des ponts-tournants, des énormes canons de marine et des tourelles qui les protègent, machines à river, à poinçonner, à cisailler, etc. Le spectacle des ateliers animés par des installations de cette nature est certainement un des plus étonnants que puisse offrir l'industrie moderne; des ouvriers, en fort petit nombre, font mouvoir sans peine, et comme en se jouant, quelques leviers, et immédiatement les masses les plus énormes sont soulevées, retournées, maniées et déposées au point voulu, sans hésitation et avec une précision parfaite; la force mystérieuse fait son devoir avec une puissance irrésistible, mais avec une docilité et une souplesse merveilleuses, et sans que le moindre bruit vienne trahir l'effort qui s'exerce.

Une distribution de travail par l'eau comprimée se compose essentiellement de trois éléments: les *pompes foulantes*, qui alimentent le système, les *récepteurs*, en nombre plus ou moins grand, et la *conduite* d'eau sous pression, doublée parfois d'une conduite de retour, qui ramène auprès des pompes les eaux d'échappement. Le travail du moteur qui agit sur les pompes est ainsi transmis à distance aux divers récepteurs, souvent échelonnés le long de la conduite sur plusieurs centaines de mètres.

Dans une transmission pareille, les pertes de travail résultant des frottements et des résistances passives, sont fort importantes. C'est surtout dans les cas, très fréquents, où les résistances à surmonter sont variables, que ces pertes atteignent un taux élevé. Une grue hydraulique, par exemple, calculée pour soulever un poids de 2,000 kilogrammes, dépensera à chacune de ses opérations le même volume d'eau, que sa charge soit entière, ou qu'elle ne soit que de 1,000 ou de 500 kilogrammes; dans le cas où elle travaillera à charge réduite, la pression qui règne dans la conduite sera diminuée par les étranglements, obtenus artificiellement par l'ouverture incomplète des robinets; ceux-ci agissent alors à la manière d'un frein, et créent au passage de l'eau des résistances qui absorbent, en pure perte, l'excédent de travail disponible sur le travail réalisé.

Pour toutes ces raisons, si l'on s'en tient au point de vue exclusif du rendement dynamique, l'eau comprimée est un très médiocre outil de transmission du travail. Aussi ne s'applique-t-elle ordinairement qu'aux cas où le travail est essentiellement intermittent. Reprenons l'exemple ci-dessus, celui d'une grue hydraulique pour le déchargement des navires, et supposons-là capable d'élever 2,000 kilogrammes à 14 mètres de hauteur; admettons que l'élévation de cette charge ne dure que 10 secondes. La puissance développée pendant ce temps sera d'environ 28 chevaux-vapeur. Mais si, comme c'est le cas dans la pratique, l'opération est intermittente; si, quand la grue est en fonction, le temps absorbé par le chargement, l'accrochage, le transport horizontal et le déchargement des fardeaux, est tel que l'on ne puisse faire qu'un petit

TRANSMISSION.

nombre d'opérations par heure; si, de plus, par suite des manœuvres nécessaires pour amener à portée, soit les navires à décharger, soit les wagons qui doivent évacuer leur cargaison, une partie du temps seulement est utilisée pour l'opération proprement dite du débarquement; si enfin la hauteur d'élévation est habituellement inférieure au maximum pour lequel la grue a été établie, alors le travail calculé sur la moyenne n'atteindra qu'une fraction de cheval-vapeur. Si la grue était actionnée directement par une machine à vapeur, il faudrait donner à cette machine, malgré les intermittences de travail, une puissance calculée d'après le travail maximum à développer. Il en est tout autrement si l'on fait agir la machine à vapeur, non plus immédiatement sur la grue, mais sur des pompes foulantes, comprimant l'eau dans un réservoir sous pression, dans lequel elle s'emmagasine, pour se dépenser au moment voulu et en quelques instants. Il suffit dans ce cas d'une machine à vapeur de faible puissance, suffisant seulement pour subvenir au travail moyen, réparti sur une longue durée. Ce réservoir de travail constitue un des traits caractéristiques des installations que nous étudions; il a reçu le nom significatif d'*accumulateur* (Voy. PRESSE HYDRAULIQUE).

Il consiste en une simple presse, dont le piston plongeur à longue course porte une charge considérable. Quand la dépense d'eau comprimée diminue, l'eau en excédent fournie par les pompes, se loge sous le piston, en soulevant le poids dont il est chargé; lorsque cette dépense est plus grande que le débit des pompes, ce poids s'abaisse, en refoulant dans la distribution le volume d'eau complémentaire. Grâce à l'accumulateur, et quelles que soient les variations de travail, la pression de l'eau dans la conduite reste constante, et ne dépend plus que de la section du piston de la presse et de la charge qui pèse sur sa tête.

Mais c'est surtout dans les installations un peu étendues et composées d'un grand nombre de récepteurs, que l'accumulateur joue un rôle de première importance.

Supposons, par exemple, qu'il s'agisse de desservir les quais d'un grand port de commerce, comptant, outre les appareils divers mus par l'eau comprimée, une centaine de grues de déchargement. Les grues hydrauliques, très simples de mécanisme, fort robustes, occupant peu de place, toujours prêtes à mettre en action, sont tout à fait appropriées à un pareil service. Les manœuvres exécutées par ces différents récepteurs sont très loin d'être concordantes; de sorte que, d'une seconde à l'autre, la dépense d'eau comprimée varie dans les plus larges limites. Mais, grâce à l'interposition de l'accumulateur, les machines motrices peuvent actionner les pompes foulantes d'une manière continue. Elles n'ont à s'arrêter que lorsque l'accumulateur est complètement chargé, et que le plongeur est à bout de course. Cet arrêt s'obtient d'ailleurs automatiquement de la manière la plus simple: le piston de l'accumulateur, au moment où il est près d'atteindre la plus grande élévation, touche un doigt mobile qui, par une transmission, ferme l'arrivée de vapeur.

Ainsi, en résumé, les appareils agissant par transmission hydraulique, complétés par l'accumulateur, se présentent avec les propriétés suivantes: comme rendement dynamique, ils sont fort défectueux et n'utilisent qu'une faible partie de la puissance qui leur est communiquée. Mais cette infériorité est rachetée par des avantages pratiques qui sont d'une valeur inappréciable dans un grand nombre de cas, et en particulier lorsque le travail est dépensé par intermittence. En premier lieu, le réseau de distribution se prête commodément à toutes les inflexions et à toutes les subdivisions; la conduite, d'un faible diamètre, peut, sans grands frais, s'étendre fort loin, être suspendue, ou se placer dans les caniveaux, et pénétrer jusqu'aux outils placés dans les angles les plus reculés des bâtiments. En second lieu, les récepteurs hydrauliques sont en général fort simples comme mécanisme, et peu susceptibles de se déranger; ils ne présentent aucun danger, leur mise en action est obtenue par quelques mouvements de leviers, et leur manœuvre est à la portée des ouvriers les plus ordinaires; enfin ils sont très puissants sous un volume restreint, surtout si, comme c'est l'habitude, on fait usage d'eau à haute pression.

Sir Armstrong s'était, dès le premier jour, rendu compte des avantages des pressions élevées; elles permettent de réduire dans des proportions considérables les dimensions, le poids et les dépenses d'installation, aussi bien des machines que des conduites. Les pressions en usage aujourd'hui s'élèvent souvent à 200 ou 300 atmosphères; dans les transmissions à grande distance, on se contente de 50 à 100 atmosphères, afin d'atténuer les pertes résultant des fuites.

Les appareils à pression hydraulique sont encore remarquables par l'extrême précision de leur manœuvre; l'eau qui les manœuvre étant incompressible, la vitesse du piston peut être gouvernée rigoureusement et arrêtée à volonté par l'étranglement ou la fermeture du régulateur d'admission. Ce régulateur constitue lui-même un frein très puissant, et bien plus parfait que les freins ordinaires à frottement, puisqu'il est mis en action sans effort, et qu'il fonctionne sans que ses organes s'échauffent ou s'usent. Il est arrivé même que les propriétés précieuses du frein hydraulique l'ont fait adopter pour gouverner le mouvement d'appareils à vapeur; citons notamment les SERVO-MOTEURS, qui actionnent le gouvernail des grands navires, et les changements de marche des machines marines.

A chaque coup de piston, les récepteurs dépensent un volume d'eau déterminé, quelle que soit la résistance qu'ils aient à surmonter. Depuis que l'emploi de ces machines s'est vulgarisé, les inconvénients de cette perte de la puissance motrice sont devenus quelquefois assez sérieux pour faire désirer plus d'économie dans l'emploi de l'eau comprimée, et des recherches ont été faites dans cette direction. Le procédé à employer est fort simple, et analogue à celui déjà appliqué depuis longtemps dans les pompes foulantes, qui servent à alimenter les presses hydrauliques. On sait, par exemple, comment on opère dans les fabriques d'huile: la pressée se fait en deux temps; on commence par une pression modérée, qui suffit pour réduire très notablement le volume de la masse à comprimer; puis on achève l'opération par un fort coup de presse, dans lequel la machine donne tout son effort et exprime tout ce qui reste d'huile. On fait donc successivement agir deux pressions graduées, la dernière beaucoup plus forte que la première. Ce résultat est obtenu en munissant la pompe foulante de deux pistons de sections inégales; l'un d'eux, de section assez grande, suffit pour la première partie de l'opération, le second, de très petite section, donne une pression très énergique. Ce principe peut être appliqué au cas que nous examinons. Une disposition fort simple consiste à faire mouvoir un piston étanche dans un cylindre, à la manière ordinaire, et à munir ce piston d'une tige épaisse, passant par un presse-étoupe et formant plongeur. Quand la pression est admise à la fois sur les deux fonds du cylindre, l'effort exercé résulte de l'aire du plongeur; si l'on supprime la pression du côté du presse-étoupe, l'effort est mesuré par l'aire totale de la section du cylindre.

Depuis quelques années, les récepteurs hydrauliques ont beaucoup gagné au point de vue de la légèreté; on est même parvenu à les rendre mobiles, ce qui en facilite l'emploi et en multiplie les usages. Ainsi, on fait des grues hydrauliques roulant sur des rails; la

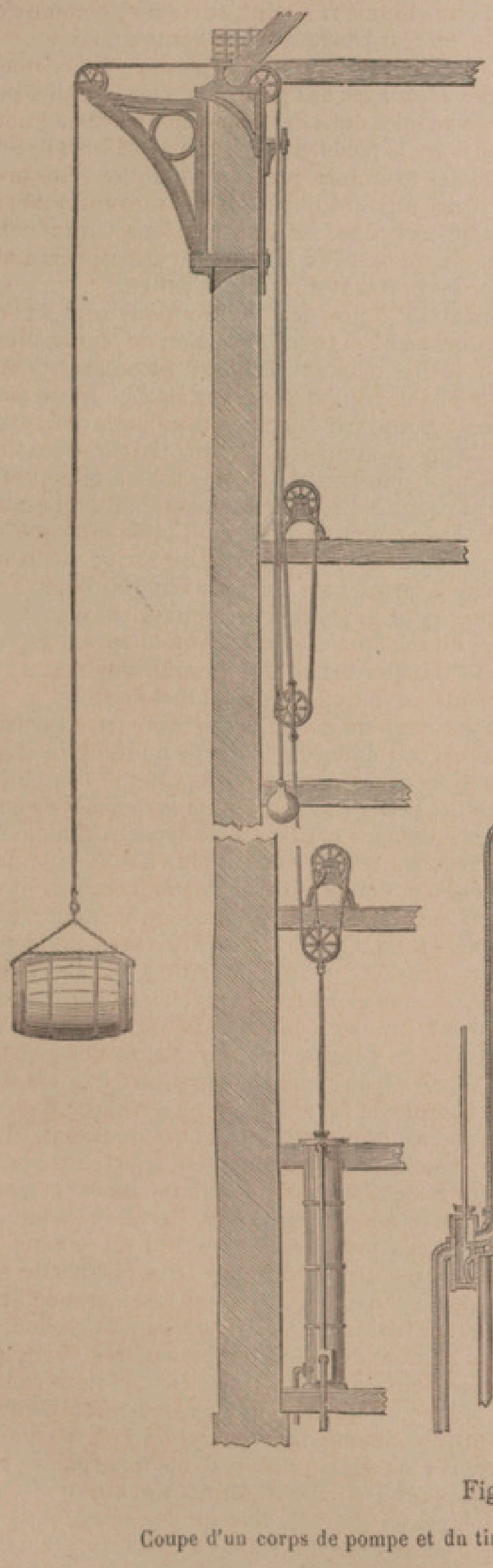
TRANSMISSION.

grue repose sur une voie par un truc porté sur quatre roues; la conduite d'eau comprimée est disposée le long de la voie, et armée d'un certain nombre de prises à raccord, convenablement espacées; la grue étant amenée à l'emplacement où elle doit travailler, on la réunit au regard le plus voisin, au moyen d'un tuyau flexible composé de bouts articulés, ou à joints télescopiques, et, en quelques minutes, l'appareil est prêt à entrer en fonction. On n'aurait jamais espéré, avant le succès de ces constructions, qu'il fût possible de manier ainsi l'eau, sous des pressions aussi considérables.

Treuil hydraulique pour magasins.

Vue de côté de l'ensemble de la machine, Echelle de 1/144.

Fig. 1.



Vue de face des corps de pompe, à une échelle double de celle figure 1.

Fig. 2.

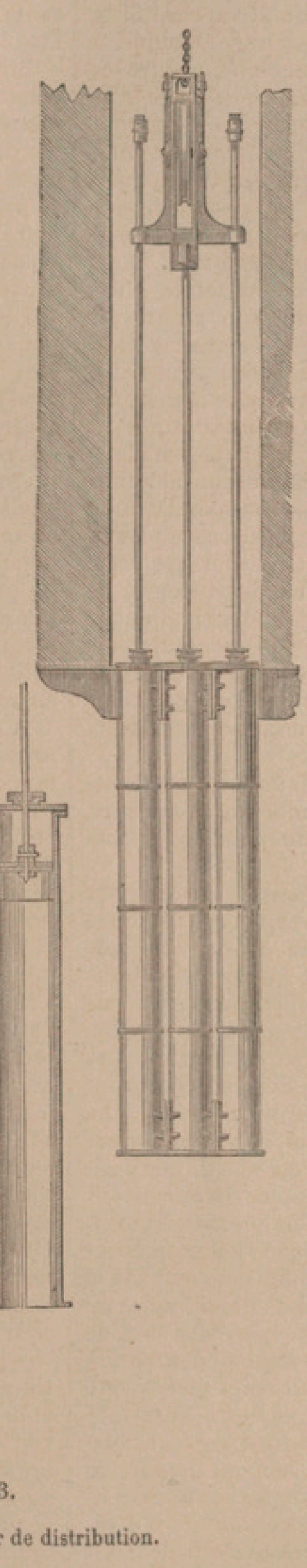


Fig. 3.

Coupe d'un corps de pompe et du tiroir de distribution.

Passons maintenant à la description des machines à pression d'eau.

Nous rappellerons d'abord que les distributions d'eau des villes ont souvent des pressions suffisantes pour mouvoir directement de semblables machines comme il a été dit à l'article ASCENSEUR. Dans ce cas on n'a pas à se préoccuper de construire des réservoirs; mais, dans certaines circonstances, il y a économie ou nécessité d'établir un réservoir pour le service spécial des grues hydrauliques. A Great-Grimsby, par exemple, on a construit dans la partie la plus reculée de l'enceinte des docks une tour qui supporte un vaste réservoir en métal. La machine à vapeur travaille constamment à remplir le réservoir, auquel on peut emprunter, à un instant donné, la force accumulée pendant une plus ou moins longue période de travail régulier.

Lorsque la disposition des lieux, ou toute autre circonstance, ne permet pas d'établir un réservoir à une hauteur suffisante pour obtenir la pression nécessaire, on a recours à l'*accumulateur*, et on peut dire que c'est le cas le plus général. Mais quelle que soit l'origine de l'eau employée, elle agit toujours à peu près de la même manière. Il suffira de citer trois ou quatre exemples pour bien faire comprendre le jeu de ces appareils et les modifications qu'ils peuvent recevoir.

Nous indiquerons d'abord une disposition de grue de magasin que l'on retrouve dans plusieurs villes d'Angleterre, à Newcastle-sur-Tyne, à Liverpool, etc.

La fig. 1 montre la disposition générale de la machine. La corde qui soutient le fardeau à élever P, passe d'abord sur la poulie de la potence extérieure au mur, puis sur une autre poulie fixe, placée à l'intérieur de la maison, près de la charpente, pour descendre ensuite parallèlement au mur. Elle s'enroule sur une poulie que l'on voit au troisième étage, remonte sur la poulie fixe du quatrième étage, pour revenir s'attacher à la chape de la poulie du troisième. L'extrémité inférieure de la chappe de cette dernière poulie est liée à une chaîne qui s'enroule sur la poulie de la tête du piston, remonte sur la poulie du second, pour redescendre s'attacher à la chape de la poulie de la tige du piston moteur qui sort du corps de pompe A, placé à l'étage inférieur. La disposition des poulies moufles que l'on vient d'indiquer varie suivant les localités; elle dépend du rapport que l'on veut éta-

TRANSMISSION.

blir entre la course des pistons et la hauteur à laquelle il faut élever les fardeaux. On voit d'ailleurs que le piston en descendant fait monter le fardeau à élever. Dans la machine que représente le dessin, la course des pistons est de $3^m,64$; la pression de l'eau est à peu près de $73^m,10$.

On emploie pour moteurs, comme l'indique la fig. 2, trois corps de pompes accolés. Lorsque les poids à soulever sont peu considérables, on ne fait travailler que celui du milieu, les tiges des deux autres glissant librement, sans agir, à travers les trous de la monture de la poulie motrice. Pour des fardeaux plus considérables, on fait fonctionner les deux corps de pompes extrêmes. Les boulons des têtes de leurs pistons pressent, en descendant, sur la monture de la poulie maîtresse et l'entraînent dans leur mouvement. Enfin, pour les poids les plus considérables on fait agir à la fois les trois corps de pompe.

Rien de plus simple, d'ailleurs, que la marche des pistons. Considérons la coupe de l'un des corps de pompe, fig. 3, et de son appareil de distribution, qui n'est autre chose qu'un tiroir comme celui des machines à vapeur. Supposons le piston au haut de sa course, et, par conséquent, le poids à élever P (fig. 1) à son point de départ. Le tiroir étant amené, au moyen d'un levier agissant sur sa tige, dans la position indiquée fig. 3, on voit que l'eau arrivant par la conduite *a* s'introduira dans la partie supérieure du corps de pompe et forcera le piston à descendre, et par conséquent le fardeau à monter. Pour arrêter le mouvement, il suffit d'élever le tiroir ; le tuyau d'amenée *a* se trouve fermé et le corps de pompe communique avec le tuyau d'évacuation *b*. L'eau pourra donc s'échapper si le piston se trouve légèrement tiré de bas en haut. Cette action est produite par un contre-poids indiqué dans la fig. 1 à la hauteur du plancher du troisième étage. Ce contre-poids est soutenu par une corde qui passe sur une poulie, que l'on apperçoit au haut du dessin, pour venir s'attacher au système des pistons. Ce contre-poids tend sans cesse à relever les pistons, et les relève en effet, aussitôt que le tiroir fait communiquer le corps de pompe avec l'extérieur.

Le pistou revenu au haut de sa course, il suffit de ramener le tiroir à sa première position pour reproduire le mouvement que l'on vient de décrire.

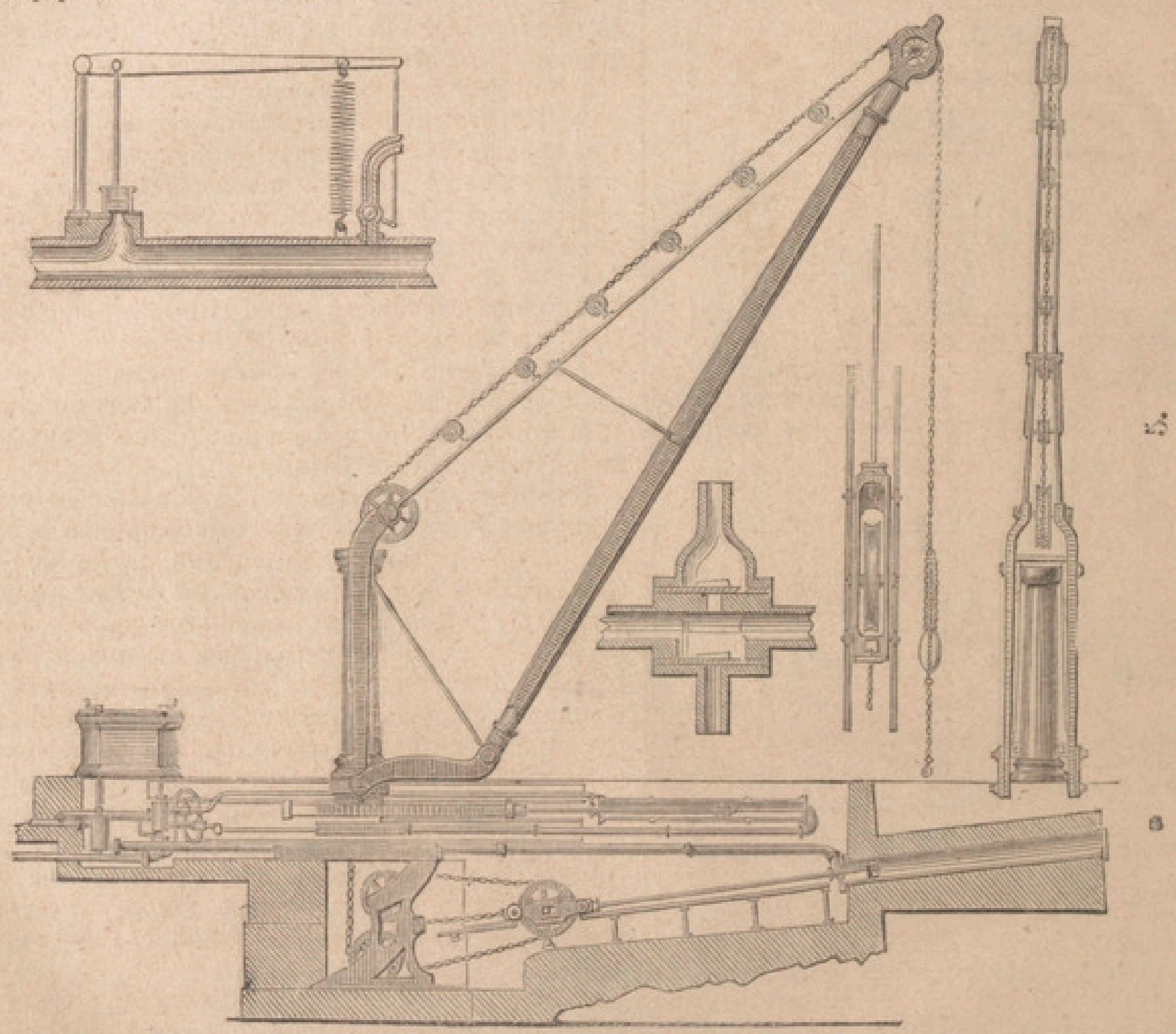
Pour employer la machine précédente à *descendre* des marchandises, on amène le piston au bas de sa course, puis on relève le tiroir avec précaution, pour que l'eau ne puisse sortir que par une très petite partie de la lumière d'échappement. On peut ainsi régulariser et ralentir la descente suivant les besoins, l'eau remplaçant alors le frein le plus sensible et le plus énergique.

Comme second exemple, un peu plus compliqué que le premier, nous décrirons l'une des grues hydrauliques des quais de déchargement d'Albert Dock, à Liverpool.

Cette grue présente, comme tout appareil complet de cette espèce, deux mouvements distincts qu'il faut étudier séparément. Le mouvement de la chaîne qui soulève les fardeaux, et celui de la machine autour de son pivot.

Le mouvement de la chaîne s'obtient, comme dans l'appareil précédent, au moyen d'un piston qui se meut dans le corps de pompe à simple effet *a* (fig. 4). La tête de la tige de ce piston est fixée à l'une des extrémités de la chape d'une poulie maîtresse, l'autre extrémité de cette chape est liée à la chaîne motrice qui va s'enrouler sur une poulie placée en avant, revient sur la poulie

Soupape de sûreté de la conduite principale.



5.

Élévation postérieure de la grue hydraulique.

4.

Élévation d'une grue hydraulique et de son mécanisme.

maîtresse et gagne, par un renvoi sur une troisième poulie, le pivot creux et ensuite la volée de la grue.

La chape de la poulie maîtresse, vue en plan à une plus grande échelle (fig. 4), porte quatre petits galets et forme un véritable chariot roulant sur deux rails inclinés, parallèles au piston moteur (fig. 4) et qui servent de guide à son mouvement.

La position inclinée des guides de la maîtresse poulie et le contre-poids placé à l'extrémité de la chaîne, près du crochet auquel s'attachent les fardeaux, sont combinés de manière que le piston revient de lui-même au bas de sa course quand la distribution permet à l'eau de sortir du corps de pompe.

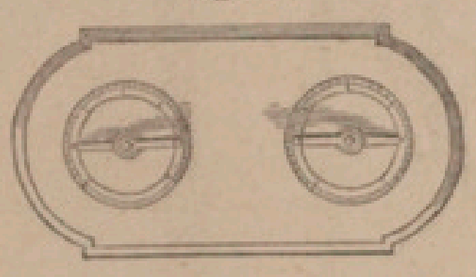
La distribution de l'eau se fait à l'aide d'un appareil à tiroir que l'on voit sur la gauche de la figure, et qui sera décrit avec détail un peu plus loin.

Le mouvement de rotation de la grue nécessitant la même force dans les deux sens s'obtient à l'aide d'un corps de pompe à double effet, c'est-à-dire entièrement fermé, et pouvant recevoir l'eau tantôt au-dessus et tantôt au-dessous du piston. On aperçoit ce second corps de pompe placé horizontalement immédiatement au-dessous du sol, sur la droite de la fig. 4. La tête de la tige du piston de cette seconde pompe porte une crémaillère qui commande une roue dentée montée sur la base du pivot de la machine. Suivant que le piston avance dans un sens ou dans l'autre, la grue reçoit donc un mouvement de droite à gauche ou de gauche à droite. L'appareil de distribution est placé à côté de celui de la pompe motrice des fardeaux, sur la gauche de la figure.

Le système de distribution est présenté à une plus grande échelle (fig. 6). Elle se fait au moyen de tiroirs

Plan de la table de manœuvre.

Fig. 7.



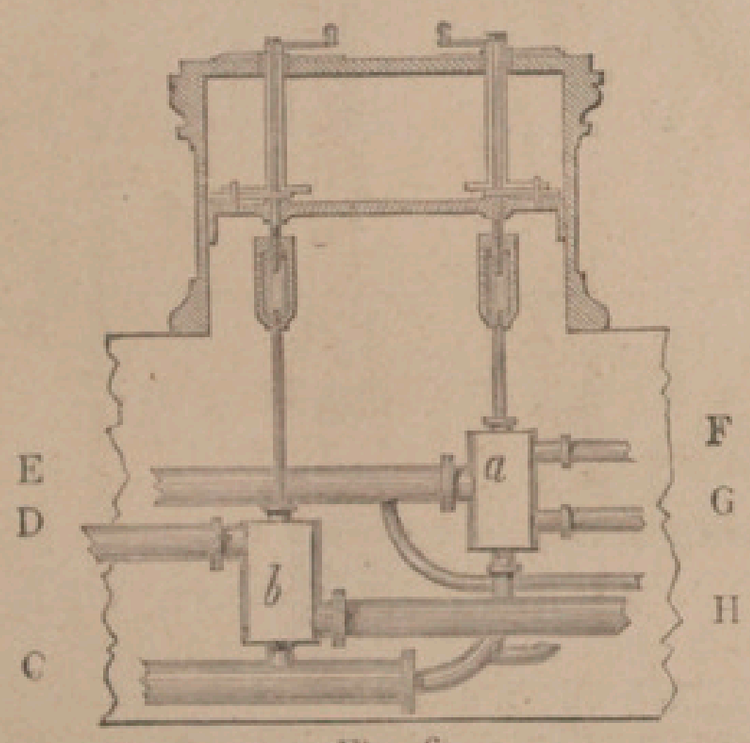


Fig. 6.

Coupe de la table de manœuvre et détails des appareils de distribution.

analogues à ceux des machines à vapeur. Le tiroir *b* donne et retire l'eau au piston moteur à simple effet des fardeaux; le tiroir *a* fait la distribution au piston à double effet du mouvement de rotation de la grue. La conduite principale qui amène l'eau à tout l'appareil est désignée par la lettre C. Le tuyau H conduit l'eau au piston moteur des fardeaux (*a* de la fig. 4).

L'eau qui a servi dans ce corps de pompe revient par la même voie et s'écoule dans une petite citerne extérieure par le tuyau D.

La conduite C porte également l'eau au tiroir *a* qui la distribue au corps de pompe de rotation, par les tuyaux F et G; le premier communique avec le dessus du piston et le second avec le dessous. L'eau, après son action, revient par les mêmes voies et sort par la décharge E, qui se réunit un peu plus loin avec D.

Les tiroirs sont mis en mouvement à l'aide de manivelles à aiguilles indicatrices, mobiles sur des cadrans vus en plan (fig. 7). Le cadran qui sert à la manœuvre des poids porte les mots : *monter*, *arrêter*, *descendre;* et celui qui sert à donner le mouvement de rotation, les mots : *droite*, *arrêt*, *gauche*, de sorte que la personne la moins expérimentée peut se servir de la grue. Je l'ai manœuvrée moi-même, la première fois que je l'ai vue.

Les manivelles dont on vient de parler agissent sur les tiges taraudées des tiroirs par l'intermédiaire de deux roues dentées et de deux pignons, de sorte qu'un mouvement angulaire de 160° environ imprimé à la manivelle, répond à un nombre de tours de l'écrou des tiges suffisant pour faire parcourir aux tiroirs la totalité de leur course.

Les petits tuyaux que l'on voit se détacher du coude de la conduite C et de la décharge E ont à remplir un rôle très-important. Ils sont destinés à prévenir les coups du bélier dans le mouvement de rotation de la grue. On comprend, en effet, que si l'on venait à fermer brusquement les communications pendant le mouvement rotatif de la grue, il se produirait dans l'appareil un choc violent. On évite cet inconvénient, qui pourrait entraîner la rupture de diverses pièces, en plaçant sur chacun des tuyaux F et G une soupape particulière (dans le haut de la fig. 4), que l'on pourrait appeler un *parachoc*. Cette soupape est garnie de deux clapets assez fortement chargés. Suivant que le coup de bélier produit une aspiration ou une compression, l'un des clapets se lève et laisse échapper ou entrer un certain volume d'eau; le mouvement de la grue se trouve ainsi ralenti, mais non interrompu d'une manière brusque.

Enfin, une soupape de sûreté (fig. 8) est placée sur la conduite principale; quand la pression devient trop forte, par suite de la brusque interruption de l'écoulement, le piston de cette soupape se soulève en allongeant le ressort fixé à l'extrémité du levier qui le presse, et fait ouvrir un robinet qui donne issue à une plus ou moins forte quantité d'eau.

Il suffit, d'après ce qui précède, de jeter les yeux sur les figures 9 et 10 pour se rendre compte de la disposition du monte-bagages du chemin de fer de l'Ouest (rive gauche). Le mouvement est communiqué à la grande poulie à gorge hélicoïdale sur laquelle s'enroule la chaîne des plateaux par une seconde poulie d'un moindre diamètre, montée sur le même arbre. Cette poulie est commandée par une chaîne à maillons fixée par ses extrémités aux têtes des tiges des pistons; ces pistons supportent un contre-poids en rondelles de fonte assez lourd pour entraîner le plateau chargé. En faisant arriver l'eau sous l'un des pistons, le contre-poids de l'autre détermine le mouvement. Un robinet à quatre fins, que l'on distingue sur la vue de face de la machine, effectue la distribution de l'eau aux deux cylindres.

Il existe également un monte-bagages hydraulique à la gare des chemins de fer de Saint-Germain, Versailles, etc.; il est disposé de manière à élever à $5^m,20$, environ 500 kil. de colis, avec une vitesse de $0^m,20$ par seconde. Le piston moteur se meut dans un corps de pompe horizontal en tôle de $0^m,50$ de diamètre, sa course est de deux mètres environ. La charge de l'eau

TRANSMISSION.

motrice est de 14 mètres; le piston moteur est traversé par une tige qui sort par les deux extrémités du corps de pompe à travers les boîtes à étoupes, de sorte que, dans son double mouvement de va-et-vient, il peut exercer, dans les deux sens, un effort de traction sur la chaîne motrice.

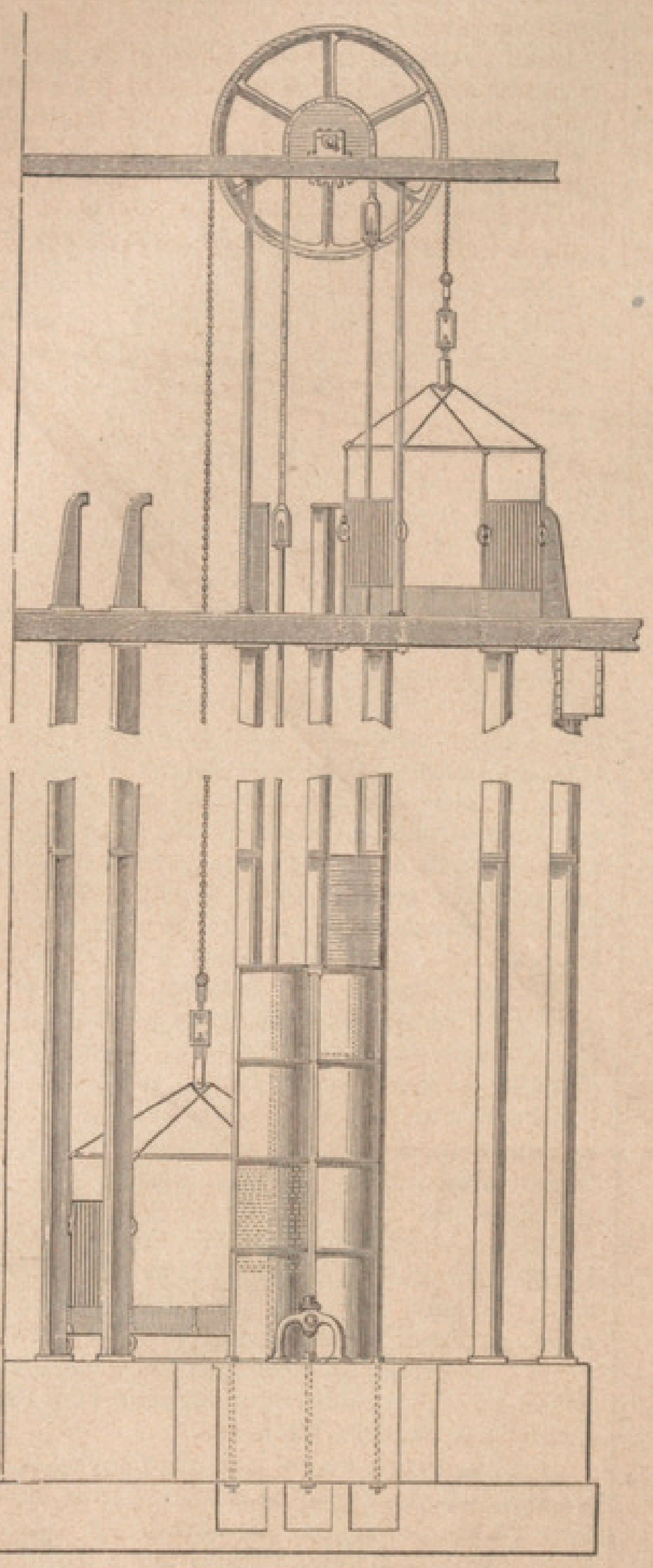


Fig. 8.

Monte-bagages hydraulique du chemin de fer de l'Ouest (R. G.)

Elévation de face. — Echelle de 0,01.

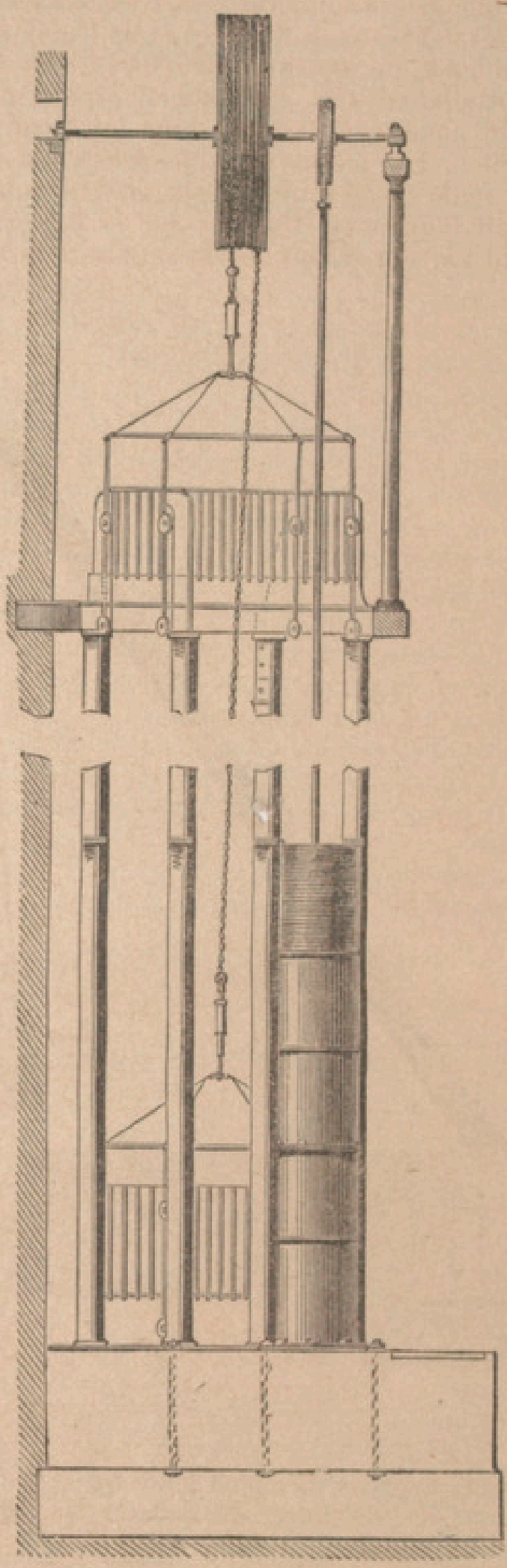


Fig. 9.

Monte-bagages hydraulique du chemin de fer de l'Ouest (R. G.)

Elévation de côté. — Echelle de 0,01.

L'un des exemples les plus remarquables de l'emploi de machines hydrauliques, pour soulever des poids considérables, est l'application qui a été faite de la *presse hydraulique* pour le levage du pont tube *Britannia*. Au sommet de chacune des tours qui supportent maintenant le pont, on avait placé une presse hydraulique mise en jeu par une machine à vapeur. Le grand piston de la presse hydraulique avait 0^{m},51 de diamètre et son cylindre en fonte 0^{m},27 d'épaisseur. Les pistons des pompes d'injection avaient 0^{m},027 de diamètre et 0^{m},406 de course.

Le cylindre de la machine à vapeur, de la force de 40 chevaux, qui les mettait en mouvement, était horizontal; son piston avait 0^{m},431 de diamètre et 0^{m},406 de course. Il était traversé par une tige sortant à travers des boîtes à étoupes placées sur chaque fond du cylindre. Les pistons d'injection étaient directement fixés sur le prolongement de cette tige du piston moteur. Cette machine élevait le tube avec une vitesse qui pouvait aller jusqu'à 3^{m},96 par heure.

Les machines fonctionnant à toute vapeur pouvaient exercer un effort de 900 tonnes. Le poids total du tube n'étant que de 1300 réparti sur les deux presses, on voit qu'il restait un excédent considérable de force.

C'est surtout aux déchargements, à l'élévation des fardeaux, comme nous l'avons vu, que s'applique l'eau sous pression, ce qui nous engage à donner ici le dessin d'une grue à volée variable, très commode pour enlever les fardeaux à distance, très légère grâce à l'appui oblique qui résiste toujours à la compression, d'une installation très économique et qui pourrait rendre de nombreux services dans les chantiers de construction. Les pièces principales sont en bois, la monture seule est en fonte et peut servir pendant extrêmement longtemps. On voit sur la figure que la volée peut tourner autour de son extrémité inférieure.

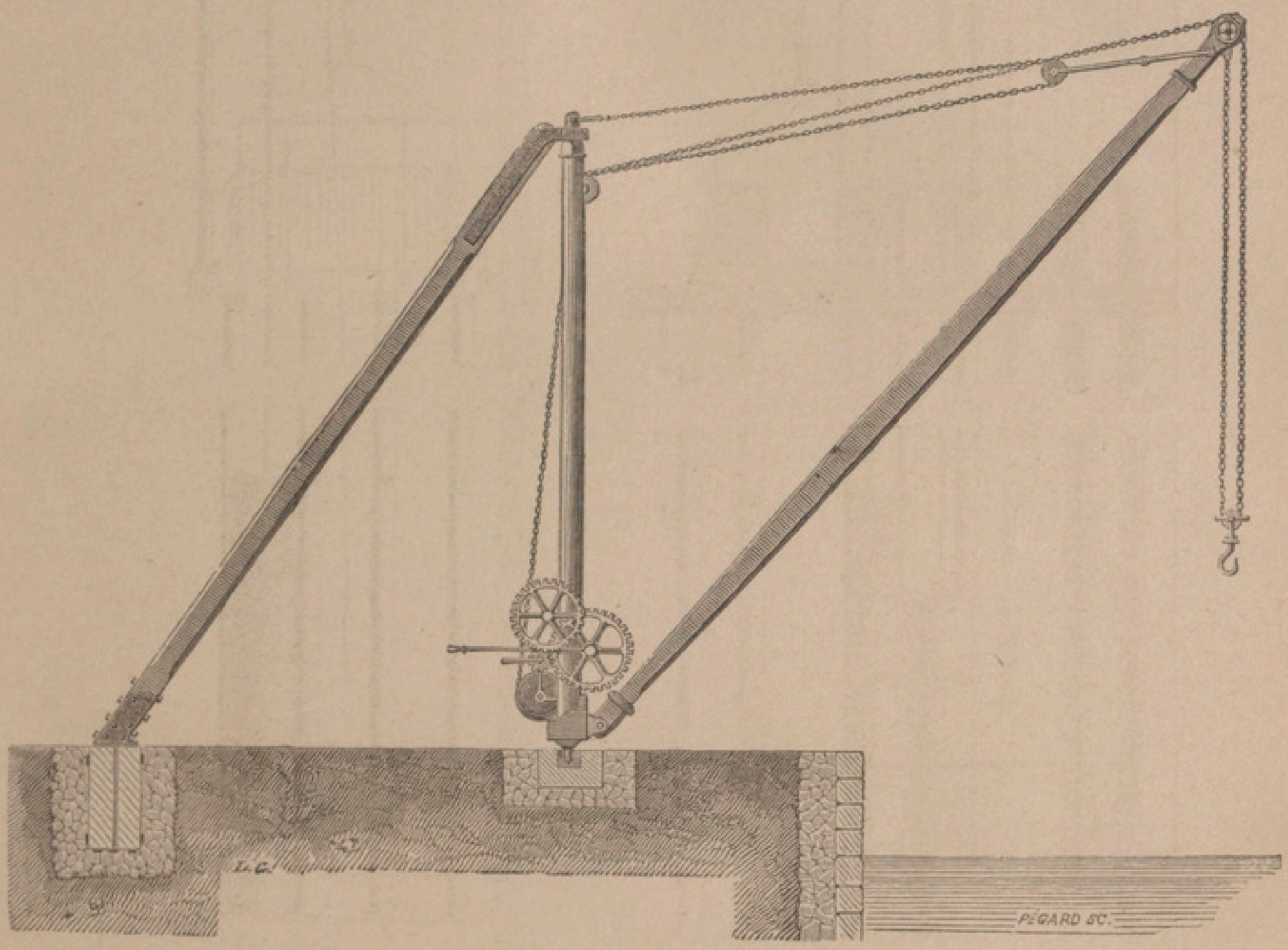


Fig. 10.

L'extrémité supérieure décrit alors un arc de cercle qui permet de prendre et de déposer les fardeaux à distances variables du pivot.

La grue que nous représentons est mise en mouvement à bras d'homme, mais rien ne serait plus simple que de lui appliquer un moteur hydraulique. H. M.

DISTRIBUTION D'EAU SOUS PRESSION A LONDRES.

En 1882, la Compagnie General Hydraulic Power obtint l'autorisation de poser à Londres des canalisations dans les rues.

Le champ d'opération se développe de Vauxhall Bridge aux Surrey Commercial Docks, sur la rive droite de la Tamise, avec une largeur moyenne de 550 mètres, et de Vauxhall Bridge aux West India Docks, sur la rive gauche, avec une largeur de 1100 mètres environ.

Les machines déjà établies comprennent: deux pompes centrifuges, commandées par des moteurs Brotherhood, pour puiser l'eau du fleuve dans des réservoirs; deux filtres; une paire de pompes à vapeur et une paire d'accumulateurs. La Compagnie a le droit de prendre par jour dans la Tamise 4,000 mètres cubes d'eau, quantité plus que suffisante aux besoins actuels. Elle correspond, en effet, pour un service de 10 heures, à une distribution de 804 chevaux, et, comme la demande est intermittente, elle représenterait de 2 à 3,000 chevaux.

L'eau puisée est très sale, chargée de matières plus ou moins solides, qui ne tarderaient pas à mettre les pompes hors d'emploi et à engorger les tuyaux. On commence par la laisser reposer dans les réservoirs; puis on la passe dans des filtres-éponges d'où elle sort parfaitement clarifiée, sinon potable, et se rend aux pompes. Celles-ci sont commandées par des machines conjuguées Compound à trois cylindres verticaux, l'un à haute pression de 482^{mm} de diamètre, et les deux autres à basse pression de 364^{mm} de diamètre, avec course de 609^{mm}.

Les pompes ont un diamètre de 125^{mm} et les plongeurs sont attelés directement aux tiges des pistons: elles envoient l'eau dans deux accumulateurs d'un diamètre intérieur de 544^{mm} avec course de 7 mètres, chargés de manière à donner dans les conduites une pression de 700 livres par pouce carré (50 kilog. par centimètre carré.) Il y a intallés déjà deux groupes de machines pour les pompes, chacun de la force de 160 chevaux environ, et un troisième est en voie de construction. Le bâtiment est prévu pour recevoir six groupes pareils, lorsque le système prendra toute son extension.

De la station part à l'est un réseau de tuyaux, entourant les nombreux magasins de ce quartier. Deux conduites maitresses courent le long de Southwark street, traversent le pont de Southwark, se partagent entre Cannon street et les rues parallèles à la Tamise, et alimentent par des branchements les principales rues de la Cité. La canalisation a été prolongée dans

Wood street où de nombreux magasins emploient des appareils de levage. L'usage de l'eau sous pression permet d'y supprimer les machines à vapeur qui peuvent causer des incendies terribles. Il offre en même temps, en cas d'incendie, un secours précieux, car, en adaptant sur les tuyaux des éjecteurs du système Greathead, on a sous la main, toujours prêt, un moyen énergique de combattre le feu Dans cette prévision, une seconde station a même été construite dans Wood street, mais elle n'est pas en service. Elle possède deux accumulateurs qui tiennent une réserve d'eau sous pression en cas d'événement imprévu.

Les conduites, dont le développement total est actuellement de 11 à 12 kilomètres, sont en fonte, avec diamètre de 150^{mm}. Les tuyaux, d'une longueur de 2^{m},70, sont éprouvés à la pression de 180 kilogrammes par centimètre carré. Les joints sont faits avec le plus grand soin : les bouts mâle et femelle des tuyaux sont tournés et alésés et l'étanchéité est obtenue au moyen d'une bague en caoutchouc serrée par des boulons passant dans des oreilles venues de fonte. Des vannes d'arrêt sont intercalées tous les 400 mètres environ, et permettent, en cas de fuite, de localiser le mal.

La réussite financière de l'entreprise ne paraît pas douteuse. Depuis le 1er janvier de cette année, le volume d'eau livré a augmenté de 40 pour 100 et il eût été beaucoup plus considérable si tous les consommateurs prévus avaient eu leurs machines prêtes. Les tarifs de la Compagnie sont fixés en partant d'un minimum de 31 fr. 25 par trimestre et par machine, avec augmentation suivant la consommation, qui est indiquée par un compteur placé sur le tuyau d'évacuation. En voici le détail :

Par trimestre :			Par machine :	
Moins de	3,000 gallons.		31 fr.	25
De 3,000 à	5,000	— par 1,000 gallons	10	»
5,000 à	10,000	— —	8	75
10,000 à	20,000	— —	7	50
20,000 à	50.000	— —	6	25
50,000 à	100,000	— —	5	»
100,000 à	200,000	— —	3	65

Le gallon équivaut à 4,5 litres environ.

Au delà on traite de gré à gré.

Dans bien des cas, le prix de revient de la tonne élevée à 15 mètres ne dépasse pas 2,5 centimes avec l'eau sous pression.

TRAVAIL MÉCANIQUE (Prix du). Le progrès dans la construction des machines et appareils qu'on emploie dans l'industrie conduit à produire, en partant d'un mouvement simple, les mouvements les plus complexes, et par suite, le plus souvent à permettre le remplacement du travail de l'homme par celui des forces naturelles. Mais cette solution complète n'est pas toujours obtenue, et bien souvent l'intervention de l'ouvrier reste assez grande pour qu'on trouve avantage à lui demander de faire mouvoir la machine qu'il doit surveiller de très près. De même dans l'agriculture, l'élève du bétail forme une partie si essentielle de l'exploitation agricole, qu'il y a souvent avantage à utiliser son travail, même en présence de moteurs plus économiques.

Pour évaluer les avantages qu'il est possible d'obtenir dans les divers cas qui peuvent se présenter, il faut connaître le prix du travail mécanique que l'on peut obtenir des divers moteurs, ou au moins les éléments qui permettent de le calculer dans chaque cas déterminé.

Nous réunirons ici les principales données scientifiques que l'on possède sur la question.

Travail des moteurs animés. *Caractères fondamentaux.* — Les forces corporelles que la volonté de l'homme et des animaux peut faire agir, et les quantités de travail qui peuvent résulter de leur emploi, diminuent à mesure que leur action se prolonge, et ces forces doivent être renouvelées par l'alimentation : en outre, l'action des moteurs animés étant accompagnée d'une tension ou d'une compression plus ou moins grande des muscles, produit cet état intérieur pénible que l'on nomme *fatigue* et qui exige périodiquement un repos. La fatigue ne peut dépasser, sans de graves inconvénients, certaines limites, parce que les fibres organiques qui transmettent la volonté, le mouvement et la force ne reprennent plus, ou ne reprennent qu'après un repos longuement prolongé, le degré d'élasticité nécessaire pour le jeu régulier de toutes les fonctions vitales qui constitue la santé.

Évaluation de la fatigue. Les animaux ne pouvant nous exprimer leur fatigue, il est très important que nous puissions l'apprécier par des caractères extérieurs ; M. Boileau a fait, en 1858, dans ce but, des expériences sur le travail des chevaux de trait, et il a découvert les procédés suivants de mesure précise :

1° En employant le moteur à vaincre une résistance constante, dans des circonstances qui soient constamment les mêmes, si, au bout d'un certain temps l'effort qu'il développe varie de plus en plus, augmentant et diminuant alternativement, on doit attribuer ces variations à un état intérieur qui ne peut d'ailleurs être que la fatigue. Or, la force que les moteurs animés peuvent appliquer d'une manière continue diminuant notablement à partir de l'instant où la fatigue commence, et de plus en plus à mesure que cette fatigue augmente, ils font fréquemment une sorte de repos très court pendant lequel la tension de leurs muscles diminue, et après lequel ils donnent une impulsion brusque en s'aidant de la masse d'une partie de leur corps qu'ils projettent en avant. Supposons que l'on ait interposé entre le moteur et le mobile à mouvoir, mobile dont l'inertie est ainsi mise en jeu au détriment de ce moteur, un

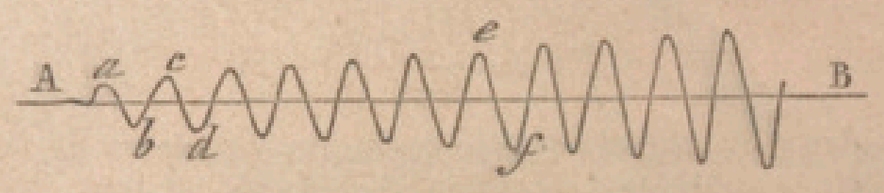


Fig. 1.

dynamomètre traceur, la courbe *a b c d e f* (figure 1), décrite par le style de cet instrument, s'écartera de plus en plus de la droite moyenne A B qui serait tracée si l'effort était constant, et la grandeur de ces écarts pourrait être regardée comme une mesure du degré de fatigue.

2° Lorsque le travail a lieu à de faibles vitesses, par exemple au pas des chevaux, on peut, d'après les observations du même auteur, prendre pour mesure du degré de fatigue, la fréquence des oscillations ou battements des flancs du moteur, c'est-à-dire la différence entre les nombres de battements exécutés dans un même temps, avant le travail et à l'époque de ce travail que l'on considère. Dans une expérience où la fatigue d'un bon cheval de trait approchait de la limite qui le forçait à s'arrêter, M. Boileau a observé 101 battements par minute, tandis qu'avant le travail ce nombre n'était que de 36.

Quantité de travail journalier absolue dont un moteur animé est capable. Chaque kilogramme d'aliments bien digérés par un moteur animé, le rend capable d'une quantité de travail dont la valeur augmente avec la quantité de chaleur développée dans les transformations chimiques que ce poids d'aliment subit dans le jeu des fonctions vitales, c'est-à-dire avec la *puissance calorifique* de la substance qui le compose : nous désignerons par Q la qualité de travail correspondante à la quantité d'aliments d'une nature déterminée que le moteur peut digérer dans un jour.

Une portion *q* de cette quantité de travail est néces-

TRAVAIL MÉCANIQUE.

saire pour l'entretien des mouvements intérieurs des organes vitaux, et la différence $Q - q$ qui reste disponible pour un travail extérieur est la quantité de travail journalière absolue dont le moteur est capable.

Limite supérieure de l'effet utile journalier. La quantité $Q - q$ se partage en deux parties distinctes.

Soient: t la durée en heures d'une période de travail accomplie sans interruption;

F l'intensité en kilogrammes de la résistance extérieure que le moteur doit vaincre au point où son action motrice est appliquée ;

V la vitesse moyenne en mètres parcourus par seconde, de ce point d'application.

Nous remarquerons d'abord que les réactions de l'inertie étant une cause inutile d'augmentation de fatigue, on doit faire travailler les moteurs animés avec un mouvement uniforme ou peu variable, condition que nous supposons remplie. Cela posé, la quantité de travail utile produite dans la période considérée est $3600\,t \times FV$, et si, dans un jour, cette période est reproduite N fois, la quantité de travail utile d'une journée sera $3600\,t\,NFV$, c'est ce que nous appellerons *effet utile journalier*. En même temps que ce travail extérieur s'exécute, les pressions et les tensions des organes du moteur animé produisent des frottements intérieurs, et mettent en jeu des résistances d'élasticité que son énergie doit vaincre et qui exigent une dépense de travail que nous désignerons par X pour chaque seconde du temps, de sorte que le travail total dépensé par le moteur, travail auquel est due sa fatigue, est dans une journée $3600\,t\,N\,(FV + X)$.

La plus grande quantité de travail que l'on puisse attendre d'un moteur animé étant celle que son alimentation rend disponible, on a, pour déterminer cette quantité, la relation

$$Q - q = 3600\,t\,N\,(FV + X)$$

qui donne

$$FV = \frac{Q - q}{3600\,t\,N} - X.$$

Cette valeur de FV est la limite supérieure de l'effet utile qu'un moteur animé peut produire dans chaque unité de temps, car, épuisant la provision de puissance dynamique qui correspond à son alimentation, elle ne pourrait être augmentée sans troubler les fonctions vitales. Pour la calculer, il faudrait connaître les lois que suivent les quantités q et X; mais la science est encore insuffisante, et nous avons voulu seulement appeler l'attention sur une question très-importante, et sur les éléments dont elle dépend (Voir plus loin).

Effet utile pratique journalier. Dans l'emploi des moteurs animés, on détermine par expérience l'effet utile journalier $3600\,t\,NFV$ qui peut leur être demandé sans leur imposer une fatigue nuisible. Il existe évidemment un rapport nécessaire entre l'effort F et la vitesse V, pour obtenir le maximum de travail utile à fatigue égale. C'est ainsi qu'un homme ou un cheval courant avec toute la vitesse qu'ils peuvent prendre, ne sont susceptibles d'aucun effort extérieur tant soit peu soutenu, tandis que, lorsqu'ils agissent sur un obstacle qui cède lentement, ils peuvent exercer des efforts considérables. C'est ce qui se voit bien par les résultats d'observations contenus dans le tableau placé plus loin, et qui se rapportent à des moteurs de force moyenne. Nous y ajouterons les considérations suivantes.

Conditions du travail journalier. 1° Nous avons déjà vu que le mouvement produit doit être aussi uniforme que possible. Dans cette condition d'uniformité, l'effort appliqué par le moteur à la machine, ou, en général, au mobile sur lequel il travaille, est égal à la résistance F; or la force dont le moteur peut disposer diminue progressivement, il faut donc, pour que l'effort qu'il applique puisse être constant, que l'intensité constante de la résistance soit au plus égale à la valeur que conserve sa force disponible à la fin de chaque période de travail. On voit en même temps que la résistance à vaincre doit être d'autant plus faible que les périodes de travail sont plus prolongées.

2° Cette condition paraît de nature à trancher une question très-controversée, savoir celle de la fréquence des repos; elle conduit, en effet, à cette conséquence que, pour un même nombre d'heures de travail journalier, les repos doivent être d'autant plus fréquents que la résistance à vaincre est plus considérable, c'est-à-dire approche davantage du plus grand effort que le moteur puisse exercer. Lorsque cette résistance est, au contraire, très-faible, comme il arrive dans certaines fabrications, la santé des moteurs animés n'exige, dans chaque journée de travail, que les interruptions nécessaires pour leur alimentation.

3° La quantité de travail totale que le moteur peut effectuer dans chaque unité de temps étant $FV + X$, l'effet utile disponible FV diminue quand X augmente, ce qui introduit de grandes différences dans les valeurs de cet effet utile, selon le mode de travail : ainsi, lorsqu'un manœuvre agit sur une manivelle, les mouvements de la partie supérieure de son corps exigent proportionnellement une plus grande dépense de travail intérieur que lorsqu'il agit sur une roues à chevilles au niveau de l'axe, de sorte qu'à égalité de fatigue le travail utile qu'il peut produire est moindre dans un même temps.

4° La vitesse V étant celle de la partie de son corps que le moteur applique à la machine ou au mobile, a des limites naturelles, et elle doit même rester notablement inférieure à ces limites. Dans le cas particulier des mouvements alternatifs et intermittents, comme ceux des marteaux à main, elle doit être d'autant plus faible que la masse à mouvoir est plus considérable, en raison des réactions de l'inertie.

Observation relative au transport horizontal des fardeaux. Lorsqu'un moteur animé est employé à transporter sur une route horizontale des fardeaux qu'il porte, la quantité $FV + X$ se réduit à X ; mais il faut remarquer que, dans ce travail intérieur, les résistances à vaincre sont proportionnelles aux pressions, c'est-à-dire au poids P du fardeau, et que la fatigue augmente avec ce poids et avec la longueur L du chemin parcouru : en conséquence, dans la rétribution d'un semblable travail, on doit se baser sur la valeur du produit PL.

Observation relative aux aptitudes des moteurs animés. En ne considérant ici que les animaux, nous ferons remarquer qu'une étude de leurs aptitudes est nécessaire pour les employer avantageusement. Dans des expériences dynamométriques sur le tirage des charrues, M. Boileau a constaté que les bœufs, lorsque la résistance augmente, proportionnent à peu près exactement l'accroissement de leur effort de manière à entretenir l'uniformité du mouvement, ce qui montre que ces animaux sont éminemments propres à un travail dans lequel la résistance est sujette à de fréquentes et surtout à de fortes variations. La plupart des chevaux, au contraire, lorsqu'ils sentent un certain accroissement de résistance, donnent ce qu'on nomme un coup de collier, c'est-à-dire une impulsion subite dont l'effort est quelquefois double de celui qui serait nécessaire, et qui met en jeu la réaction de l'inertie du mobile en même temps que celle d'une partie de leur corps, de sorte qu'ils se fatiguent beaucoup plus rapidement et font un ouvrage moins régulier : il n'est donc pas avantageux d'employer ces moteurs dans les travaux à résistance très-variable, ou, au moins, il faut choisir des individus dont la constitution et le caractère se rapprochent de ceux des animaux précédents.

Le tableau ci-après résume les excellentes expériences de Coulomb, sur l'emploi des moteurs animés.

Quantités de travail que les moteurs animés peuvent fournir.

INDICATION DU GENRE DE TRAVAIL.	EFFORT moyen exercé ou POIDS ÉLEVÉ.	VITESSE moyenne par seconde.	TRAVAIL par seconde.	DURÉE du travail journalier.	EFFET utile journalier.
	kilog.	mètres.	km.	heures.	km.
1° *Élévation verticale des poids.*					
Un homme montant une rampe douce ou un escalier sans fardeau, son travail consistant dans l'élévation du poids de son corps	65,00	0,15	9,75	8	280800
Un manœuvre élevant des poids avec une corde et une poulie, ce qui l'oblige à faire descendre la corde à vide.	18,00	0,20	3,60	6	77760
Un manœuvre élevant des poids ou les soulevant avec la main.	20,00	0,17	3,40	6	73440
Un manœuvre élevant des poids ou les portant sur son dos au haut d'une rampe douce ou d'un escalier, et revenant à vide	65,00	0,04	2,60	6	56160
Un manœuvre élevant des matériaux avec une brouette en montant une rampe au 1/12°, et revenant à vide	60,00	0,02	1,20	10	43200
Un manœuvre élevant des terres à la pelle à la hauteur moyenne de 1m,60	2,70	0,40	1,08	10	38880
2° *Action sur les machines.*					
Un manœuvre agissant sur une roue à chevilles ou à tambour :					
1° Au niveau de l'axe de la roue	60,00	0,15	9,00	8	259200
2° Vers le bas de la roue ou à 24°	12,00	0,70	8,40	8	251120
Un manœuvre marchant et poussant ou tirant horizontalement.	12,00	0,60	7,20	8	207360
Un manœuvre agissant sur une manivelle	8,00	0,75	6,00	8	172800
Un manœuvre exercé poussant et tirant alternativement dans le sens vertical	5,00	1,10	5,50	8	158400
Un cheval attelé à une voiture ordinaire et allant au pas	70,00	0,90	63,00	10	2168000
Un cheval attelé à un manége et allant au pas	45,00	0,90	40,5	8	1166409
Un cheval attelé à un manége et allant au trot	30,00	2,00	60,00	4,5	972400
Un bœuf attelé à un manége et allant au pas	65,00	0,60	39,00	8	1123200
Un mulet attelé de même et allant au pas	30,00	0,90	27,0	8	777600
Un âne attelé de même et allant au pas	14,00	0,80	11,6	8	334080

Dépense des moteurs animés. La quantité de travail journalier des moteurs animés étant déterminée, il reste à évaluer la dépense nécessaire pour leur suffisante alimentation, ce qui donnera le prix minimum du travail mécanique qu'ils peuvent produire. Cette question a été fort bien traitée par M. Hervé-Mangon dans son grand traité du *Génie rural;* nous lui emprunterons la plus grande partie de ce qui suit, renvoyant à ce bel ouvrage les lecteurs qui voudront l'approfondir.

Nous supposons que le lecteur a sous les yeux l'article NUTRITION du présent ouvrage, et notamment la partie se rapportant à la production de la force motrice, où sont si bien exposés tous les résultats fournis par la physiologie à l'étude que nous poursuivons ici.

Travail de l'homme. On trouve des différences considérables dans le régime alimentaire selon les pays, les saisons, les individus et la nature du travail produit. Il faut donc prendre une moyenne sur un grand nombre d'exemples. M. Mangon, utilisant les curieuses monographies de M. Le Play, a ainsi trouvé qu'il entrait dans la ration quotidienne, par kilogramme vivant, de 5 à 8 grammes de carbone et de 0g,20 à 0g,5 d'azote.

Les auteurs anglais admettent assez généralement que la ration moyenne de l'homme peut être évaluée, en termes généraux, de la manière suivante :

	Carbone.	Azote.
Repos	258g,60	11g,92
Travail modéré	337 ,92	19 ,56
Travail actif	442 ,12	25 ,53

C'est la combustion du carbone qui produit surtout la chaleur dont partie est convertie en travail mécanique utilisé.

Comme approximation, on peut admettre que, dans nos climats, en prenant la moyenne de l'année, un homme d'un poids moyen doit produire par jour les quantités de chaleur suivantes, fournissant en travail mécanique extérieur l'effet utile indiqué sur la même ligne :

	Nombre de calories à produire.	Effet utile en travail mécanique extérieur.
Repos absolu	2,600	0,00
Travail faible	4,200	0,03
Travail ordinaire	4,800	0,04
Travail très-considérable	6,000	0,09

De là peut se déduire la composition des rations, en raison des aliments produits dans la contrée, et par suite les frais de nourriture. Mais si ces frais constituent la principale dépense de l'ouvrier, elles ne sont pas les seules ; le vêtement, l'habitation, les charges de famille, etc., doivent aussi être défrayés par le prix du travail, ce qui conduit à doubler à peu près le total qui serait ainsi obtenu. Il est plus simple, dans chaque cas, de prendre pour point de départ le prix du travail du manœuvre dans une contrée et de l'appliquer à la quantité de travail indiquée au tableau précédent, selon le mécanisme employé.

Supposons le prix de la journée à 3f,50, le prix du kilogrammètre de travail mécanique employé à élever des poids à l'aide d'un monte-charge coûtera $\frac{3,50}{282100}$ ou 0f,013 environ par grande unité dynamique de 1,000 kilogrammètres.

Prix de revient du travail du cheval. Le prix de revient de la journée de travail du cheval s'obtient en ajoutant à sa dépense annuelle de nourriture, l'intérêt et l'amortissement de sa valeur primitive, les frais de ferrure, de maladie, de harnais, sa part proportionnelle dans les

TRAVAIL MÉCANIQUE.

frais d'entretien, d'intérêt et d'amortissement des écuries, et divisant par le nombre de journées de travail effectif. A cette dépense s'ajoute naturellement celle du charretier.

En divisant le prix de la journée par le nombre de kilogrammètres produits, on obtient le prix de l'unité du travail mécanique.

Les variations de ces éléments sont trop grandes d'un pays à l'autre, et même d'une exploitation à l'autre, pour qu'un calcul puisse être autre chose qu'une approximation que chacun pourra rectifier pour l'appliquer à un cas déterminé.

Intérêt de la valeur du cheval à 6 p. 100; amortissement, pertes par accident ou maladie, à 10 p. 100, soit 16 p. 100, sur 700 fr.	110f,00
5 kil. de foin par jour, à 6 fr. les 100 kil., par an.	109,50
5 kil. de paille par jour, à 4 fr. les 100 kil., par an.	75,00
4 kil. d'avoine par jour, à 22 fr. les 100 kil., par an.	321,20
Ferrure et menus frais de pansement.	15,00
Amortissement et entretien des harnais. . . .	15,00
Intérêt, amortissement et entretien de l'écurie et du grenier à fourrage, à 7 p. 100, sur 500 fr. par tête de cheval.	35.00
Prestations.	3,55
Impôts sur les bâtiments de l'écurie et du grenier.	1,10
Total.	683f,35

Il faut retrancher de ce total la valeur du fumier, mais il faut y ajouter les frais de conduite et des soins des animaux. Le nombre des jours de travail, déduction faite des dimanches et fêtes, des jours tout à fait mauvais, etc., ne dépasse pas généralement 280. Par suite, le prix de revient de la journée, d'après le calcul ci-dessus, sera de 2 fr. 45, non compris les frais afférents au conducteur.

Si le cheval considéré produit en moyenne 1,500,000 kilogrammètres, le prix des 1,000 kilogrammètres sera de 0f,00163.

Prix de revient du travail du bœuf. Le prix de revient de la journée du travail du bœuf est plus difficile à déterminer exactement, d'une manière générale, que celui de la journée du cheval, parce que le calcul se complique des résultats de la spéculation ultérieure de l'engraissement de l'animal, dont les résultats sont très-variables, selon les conditions économiques de chaque exploitation. Dans les pays favorables à l'entretien du bétail et dans toutes les exploitations où l'on dispose à bas prix des aliments communs dont le bœuf se contente, le travail mécanique de cet animal est beaucoup plus économique que celui du cheval. L'accroissement continuel du prix de la viande rend, chaque jour, plus nombreuses les conditions qui donnent à l'emploi du travail de la race bovine l'avantage sur celui de la race chevaline.

Le calcul des dépenses d'entretien des bœufs de travail peut s'établir par un détail analogue à celui qui a été donné pour les chevaux; mais avec cette différence importante que l'intérêt seul du capital engagé doit figurer au compte, puisque la vente de l'animal restitue ordinairement le capital primitif.

En moyenne, dans la pratique, et à cause de la lenteur de son allure, le travail du bœuf doit être évalué aux 7/10 de celui du cheval, et qu'il on peut admettre coûte 1/4 ou 1/3 de moins, dans les travaux pour lesquels cette lenteur n'augmente pas trop les frais généraux de son emploi, le salaire du conducteur notamment, pour le labourage par exemple.

Puissances naturelles. Faisons maintenant sur le travail mécanique fourni par les puissances naturelles, le calcul que nous venons de faire pour les moteurs animés. Les seules qui soient vraiment à considérer, celles qui donnent la vie à toutes nos manufactures, sont la chaleur, ou, ce qui est la même chose, la vapeur produite par la combustion de la houille ou du bois, et la pesanteur de l'eau par l'utilisation des différences de niveau de l'eau des cours d'eau.

Prix du travail de la vapeur. Les dépenses sont de deux sortes : celles fixes, qui correspondent à l'achat de la machine, à l'amortissement du capital dépensé, et celles variables du chauffage en raison du fonctionnement de la machine.

Selon les constructeurs et les systèmes, le prix de vente varie de 1,000 à 1,300 fr. par force de cheval, pour les petites machines, de 900 à 1,200 fr. pour les machines de 5 à 6 chevaux, de 800 à 1,000 fr. pour les machines de 7 à 10 chevaux, de 600 à 400 fr. par cheval pour les forces au-dessus.

Un seul chauffeur suffisant, en général, pour la conduite d'une machine, la dépense relative au mécanicien est d'autant plus faible que la machine est plus forte. Quant à l'intérêt et à l'amortissement, ils se répartissent également entre les journées de travail effectif; la part afférente, par jour, à cette classe de dépenses est d'autant moindre que le nombre de jours d'emploi de l'appareil par an est plus considérable. Cette considération est capitale pour l'emploi des locomobiles par les agriculteurs, qui n'ont souvent occasion d'en faire usage qu'un petit nombre de jours par an.

Voici le calcul fait par M. Mangon pour une bonne machine de 8 chevaux, brûlant 3 kilogrammes par heure et par cheval. Dans un pays où le combustible coûterait 40 fr. la tonne, les frais journaliers seraient à peu près les suivants par journée de 10 heures de travail effectif et par cheval :

Chauffage $3^k \times 10 = 30^k$, à 40 fr. la tonne. . .	1f,20
Mécanicien : 1/8 de journée à 4 fr.	0,50
Graisse, huile, chiffons, allumage.	0,25
Total.	1f,95

A cette dépense, il faut ajouter l'intérêt et l'amortissement du capital d'acquisition. Supposons que la machine, prête à fonctionner, ait coûté 1,050 fr. par force de cheval : l'intérêt annuel sera, à 5 p. 100, de 52 fr. 50. L'amortissement étant calculé à 10 p. 100, et le gros entretien, les réparations également à 10 p. 100, ce qui est compter un peu trop largement pour de bonnes machines, on aura de ces deux chefs 20 p. 100, soit 210 fr., et avec l'intérêt 262 fr. 50. Ce chiffre doit être divisé par le nombre des journées de travail effectif, d'où résultent des prix de revient très-différents suivant qu'on emploie la machine d'une manière continue ou avec des intermittences. Ainsi, dans l'hypothèse précédente, suivant qu'on emploie la machine 50 jours ou 360 jours par an, le prix du travail du cheval-vapeur varierait, pour une journée, de 7 francs 20 c. à 2 francs 70 c.

On admet que, dans les fermes, une journée de cheval-vapeur revient de 3 à 5 fr., c'est-à-dire que le prix de 1,000 kilogrammètres fournis par une machine à vapeur varie de 0f,0010 à 0,0038.

Pour les puissantes machines à vapeur à longue détente que l'on construit maintenant, qui brûlent moins d'un kilogramme par force de cheval et par heure, qui coûtent moins cher de construction que des machines peu puissantes, qui fonctionnent 15 ou 18 heures par jour pour conduire des machines opératrices, on peut admettre que le prix de revient ne dépasse pas moitié de ce prix, soit 0f,0005 par 1,000 kilogrammètres.

Travail produit par les moteurs hydrauliques. La puissance des cours d'eau, recueillie à l'aide des roues hydrauliques et autres appareils de cette espèce, est le moteur le plus économique qui existe, puisqu'il est gra-

tuitement alimenté par l'action solaire. (Voyez HYDRAULIQUE.)

Quand une roue hydraulique a été bien établie, son entretien est presque nul, et sa durée très-grande. Les roues en bois durent de 15 à 20 ans, la durée des roues métalliques est beaucoup plus longue. En évaluant à 12 p. 100 de la valeur du bâtiment et du moteur, le montant de l'intérêt, de l'entretien et de l'amortissement, on fait suffisamment la part des frais à mettre à la charge du travail mécanique produit.

Le prix d'établissement d'un moteur hydraulique, par force de cheval, varie tellement suivant les conditions de son établissement et suivant les travaux de terrassement et de maçonnerie nécessaires pour conduire les eaux, qu'il est impossible de poser à cet égard aucune règle fixe. Pour fixer les idées, et comme un maximum pour les cas les plus habituels, on peut admettre qu'un moteur hydraulique de 5 à 10 chevaux, parfaitement établi, coûte en moyenne, tout compris, 1,000 fr. par force de cheval.

L'intérêt et l'amortissement à 12 p. 100 de cette somme étant de 120 fr. par an, on voit que, si le moteur travaille 250 jours par an, la journée du cheval hydraulique reviendrait à 0f,48. En supposant que la journée soit de 12 heures, on voit que les 1,000 kilogrammètres reviendront à 0,000148.

Ce prix minimum est celui qu'obtiendra un propriétaire qui utilisera un cours d'eau sans emploi, l'habitant de montagnes parcourues par de nombreux cours d'eau non appropriés. Mais il n'en est pas ainsi dans nos campagnes, et bien que ce soit toujours le soleil qui crée la puissance mécanique, le propriétaire du sol sait fort bien faire payer, non ce qu'elle coûte à produire, mais l'économie que l'on trouve à ne pas faire les frais nécessaires pour l'obtenir par d'autres moyens coûteux, à l'aide d'une machine à vapeur, par exemple.

Ainsi, en Normandie, un cours d'eau sans bâtiments se louera très-bien 1,500 fr. par an, par force de cheval, c'est-à-dire, en refaisant le calcul ci-dessus, que la journée de travail reviendra à 6 fr. 50 par force de cheval et par jour, et les 1,000 kilogrammètres à 0,002, c'est-à-dire aussi cher qu'en employant une machine à vapeur.

Sans entrer dans plus de détails, nous poserons comme évident, au point de vue général de la société, qu'il faut utiliser toutes les forces hydrauliques avant de recourir à des moteurs qu'il faut alimenter à grands frais; qu'il n'y a pas de travaux plus utiles que ceux de barrage, de canalisation, qui permettent de créer des centres producteurs. L'industrie suisse, dont les filatures luttent avec celles de l'Angleterre, dans un pays dépourvu de houille, mais qui possède les magnifiques chutes d'eau qui découlent des Alpes, fournit un exemple bien probant des grands résultats que l'on peut obtenir dans cette voie.

Mais, au point de vue individuel, la question est tout autre, et pour le plus grand nombre des industries qui n'ont pas besoin de grandes quantités d'eau pour leurs opérations, comme les papeteries, dans les contrées où la houille n'est pas trop chère, la machine à vapeur offre plus d'avantages que les roues hydrauliques, pour peu que les prix de location des chutes d'eau soient à un prix un peu élevé. La nécessité de placer les ateliers dans le lieu le plus convenable, l'impossibilité d'augmenter la puissance du moteur, les sécheresses, les gelées, etc., expliquent comment, dans les pays de plaine, au moins, les créateurs d'établissements nouveaux ne cherchent même pas le plus souvent s'ils pourraient les faire mouvoir par des forces hydrauliques, celles-ci étant d'ailleurs complétement utilisées.

TRAVAIL UTILE *consommé dans diverses opérations industrielles.* Nous réunirons ici quelques chiffres intéressants sur cette question, et notamment indiquerons, en kilogrammètres, l'utilisation des moteurs animés employés à l'élévation de l'eau, avec les applications les plus fréquentes, etc.

La quantité de travail consommé dans une grande manufacture offre un grand intérêt, c'est une question capitale a étudier avant l'établissement de tout genre d'usines.

FILATURE DE COTON. Nous donnerons pour exemple le résumé d'expériences faites à ce sujet, avec un soin remarquable, sur la grande filature dont M. Hirn, l'auteur de tant de travaux estimés de mécanique physique, est un des associés, située au Logelbach, près Colmar, filature fonctionnant d'après les méthodes les plus perfectionnées.

Cette filature comprend 54,140 broches de self-acting et 4,704 broches de continus, avec les cardes, bancs à broches, etc., correspondants. Elle produit par jour 4,500 à 5,000 kilogrammes de coton filé en gros numéros et en numéros ordinaires.

Voici les nombres obtenus aux grandes vitesses usitées aujourd'hui pour obtenir le maximum de production avec un matériel donné, on a trouvé:

Ouvreuse à 4 volants.	7,09 chevaux
Batteur-étaleur.	5,65
Cardes.	0,40
Banc à broches, de 102 broches.	0,86
— en fin, de 140 broches.	0,75
Métier continu de 216 broches.	2,36
— de 280 broches.	3,06

(Les broches font 4650 tours à la minute.)

Métier self-acting de 600 broches.	3,33
Métier self-acting de 572 broches.	3,17

L'ensemble de l'assortiment a conduit aux chiffres ci-après:

Ouvreuses et batteurs. . . .	76,00 chevaux
Carderie et bancs à broches.	140,00
Métiers continus.	52,00
Self-actings..	222,00
Transmissions.	40,00
Total. . . .	530,00 chevaux

pour entrainer 55,844 broches, ou 105 broches, par force de cheval. (On a retranché près de deux chevaux à la force absorbée par la carderie à cause de l'arrêt des cardes pour le débourrage et des bans à broches pour la levée. On a de même déduit 4 métiers self-acting arrêtés à tour de rôle pour faire la levée, c'est-à-dire enlever de dessus la broche la bobine de fil terminée.) D'après des expériences faites sur les machines motrices elles rendent 71 pour 100 et produisent bien la force de 530 chevaux quand elles entraînent tout l'établissement : cette vérification à prouvé l'exactitude des essais.

Autrefois on admettait des nombres bien inférieurs, mais maintenant on tend sans cesse à augmenter la production, la vitesse et le poids des machines, et par suite la force motrice doit être plus grande. En 1854, une filature de 25,000 broches, numéros ordinaires, employait en moyenne 220 chevaux ou un cheval pour 115 broches, comme nous le disons plus loin d'après d'anciennes expériences, et une filature de demi-fins et fins de 26,000 broches employait 134 chevaux, soit un cheval par 190 broches.

On a constaté qu'en diminuant la production des métiers de 7 pour 100, on diminue immédiatement la force absorbée de 14 pour 100, dans les très-fortes productions.

Autrefois, par broche et par an, on brûlait 19k,60 de houille; maintenant on est arrivé au chiffre de 54 kilogrammes.

TREMPE.

Moteurs animés appliqués à l'épuisement des eaux.

Baquetage à bras. — Un homme en 8 heures.	46.000
Seaux à bascule. — Un homme en 8 heures.	60.000
Puits ordinaire avec corde et poulie. — Un homme en 8 heures.	75.000
Puits très-profond avec treuil à volant et à manivelle. — Un homme en 8 heures. . .	170.000
Manége des maraîchers. — Un homme en 8 heures de travail.	200.000
Chapelet incliné. — Un homme en 8 heures de travail.	68.000
Chapelet vertical. — Un homme en 8 heures de travail.	115.000
Vis d'Archimède. — Un homme en 8 heures de travail.	100.000

II. FORCE DU MOTEUR DANS DIVERSES INDUSTRIES.

	Force du moteur en chev. de 75 k. m.
Mouture des farines. Par 100[k] de blé moulu à l'heure, correspondant à une paire de meules, avec les accessoires, bluteries, etc.	4 à 5
Scieries mécaniques.	
Scies rectilignes. Par mètre carré de bois de chêne et à l'heure.	0,50
Scies rectilignes. Par mètre carré de bois tendre, à l'heure. . .	0,33
Scies circulaires. Par mètre carré de bois de chêne, à l'heure. .	0,25
Scies circulaires. Par mètre carré de bois tendre, à l'heure. . .	0,20
Scies à placage. Par mètre carré de surface sciée à l'heure.	0,15
Machine à lainer les draps. Par machine.	2,50
Filature de laine. Par 100 broches avec les cardes.	2,00
Filature de coton. Par 100 broches de coton, n° 30 à 40, avec les accessoires. .	0,90
Tissage mécanique du coton. Par métier, avec ses accessoires.	0,10 à 0,12
Papeterie à pilons. Par 100[k] de pâte produite à l'heure.	20
Papeterie à cylindres. Par 100[k] de pâte produite et raffinée à l'heure.	25
Meules verticales à broyer le ciment. Par 100[k] de ciment broyé à l'heure.	0,80
Par *alésoir* ou *forerie*.	2 à 3
Une *roue à laver* (Dashweel).	1,60
Huilerie. Par 100[k] de grain broyé à l'heure.	1,80
Machine soufflante d'un haut fourneau au charbon de bois.	8 à 15
— — d'un haut fourneau au coke.	30 à 40
— — d'un feu d'affinerie. . .	2,50 à 3,00
— — d'un feu de maréchal. .	1 à 1,25
Marteau frontal.	30 à 35
Martinet de feu d'affinerie.	10 à 12
Marteau de forge.	6 à 7
Un *train de laminoirs* comprenant une paire de cylindres ébaucheurs et une paire de cylindres finisseurs	35 à 40

TRÉFILERIE. Voyez FER.

TREMPE. La trempe est l'opération qui consiste à donner de la dureté à l'acier, en le chauffant au rouge et le refroidissant rapidement par son immersion dans un liquide froid, généralement dans l'eau, quelquefois dans l'huile pour donner une trempe plus douce, rarement dans le mercure, qui donne la trempe la plus dure.

La découverte de la propriété que possède l'acier d'acquérir ainsi une extrême dureté, est peut-être la plus importante de celles qu'utilise l'industrie, puisque c'est sur elle que repose la fabrication de presque tous les outils destinés à donner à tous les corps une forme voulue. Au moyen de la trempe, l'acier devient dur, brillant, susceptible de prendre le plus beau poli ; par le recuit, c'est-à-dire en réchauffant l'acier à une température inférieure à celle de la trempe et le laissant refroidir lentement, on en diminue la dureté et surtout la fragilité.

Il est assez difficile de bien préciser en quoi consiste la merveilleuse propriété de l'acier de se durcir par la trempe. On se contentait généralement autrefois de l'application suivante :

L'acier porté au rouge étant plongé brusquement dans l'eau froide, sa surface qui éprouve un refroidissement subit, se resserrant avant que les parties intérieures aient pu se refroidir, se moule sur elles. Celles-ci se refroidissant plus tard ne peuvent plus se contracter librement, à cause de leur adhérence à la croûte déjà résistante. Elles conservent donc un état tout particulier quand le refroidissement de la barre est complet. C'est à ce mode particulier d'agrégation, consistant en une enveloppe tiraillée en tous sens par des fibres de molécules, soumises elles-mêmes à une tension très-grande, que l'on attribuait les effets de la trempe, mode d'agrégation bien sensible dans les larmes bataviques, quand un phénomène curieux, dû aux observations de d'Arcet, la trempe du bronze, vint prouver que, dans ce cas, la trempe rendait le métal moins dur. Ce fait qui paraît inconciliable avec la théorie ci-dessus, considérée comme autre chose que l'analyse des phénomènes et quand on ne tient pas compte pour chaque cas de la nature du corps même, paraît se prêter mieux à rendre compte de la trempe amollissante du bronze que de celle durcissante de l'acier, car puisque la trempe fait subsister le corps dans un état de dilatation, de densité moindre, la dureté devrait en être diminuée.

On doit reconnaître que c'est là la loi du phénomène pour les corps homogènes, les corps simples notamment. Il y a une circonstance de la trempe qui était négligée dans l'ancien mode d'application, considéré à tort comme suffisant pour rendre compte des faits, à savoir : le changement de nature du corps au moment de la solidification. Ainsi, considérons la fonte, qui doit se comporter comme l'acier, mais avec des effets plus sensibles : il est bien certain que quand on la coule en sable pour un moulage, au lieu d'éprouver un retrait en revenant à la température ordinaire, comme cela arrive pour le bronze, en se solidifiant elle augmente de volume d'une quantité très-notable et surtout son grain est tout à fait changé. Quand on la trempe, le gonflement ne pouvant se produire par suite de la solidification de la surface extérieure, elle est beaucoup plus dense que celle refroidie lentement et par suite plus dure. C'est ce que prouvent toutes les tables de densités, où les fontes blanches, produites par un refroidissement rapide, sont toujours portées comme plus denses que les fontes grises. On sait que ces dernières sont seules employées pour couler les pièces qui doivent être limées et sont seules assez douces pour cet usage.

Les expériences de Karsten confirment cette manière de voir et la complètent. Le gonflement produit pendant la solidification lente de la fonte se trouve dû à un mouvement interne de cristallisation, et des analyses faites par le savant que nous venons de citer, qui permettent de juger de l'état de combinaison du carbone, lui ont fait établir : que la fonte trempée conserve la nature qu'elle possédait à l'état liquide, tandis que dans la fonte refroidie lentement il s'établit un nouveau mode de combinaison des éléments. Suivant ce savant, la fonte blanche et l'acier

trempé contiennent du carbone et du fer combinés d'une manière uniforme; la fonte blanche, adoucie par le grillage, et l'acier non trempé, renferment un carbure de fer riche en carbone, disséminé dans une grande quantité de fer aciéreux moins riche en carbone.

M. Caron a constaté que l'espèce de graphite que l'acier cémenté abandonne lors de sa dissolution dans les acides, comme l'avait constaté Karsten, se réduit à une petite quantité de silice lorsqu'on opère sur le même acier trempé, et diminue déjà sensiblement lorsque cet acier a été martelé. Voici les résultats auxquels il a été conduit :

Acier de cémentation, résidu pour 100 gr. de métal dissous.	1gr,624 A
Acier de cémentation, martelé pour 100 gr. de métal dissous.	1 ,243 B
Acier de cémentation, trempé pour 100 gr. de métal dissous.	0 ,240 C

Ces résidus analysés contiennent :

	A	B	C
Charbon	0gr,825	0,560	traces
Fer.	0 ,557	0,445	traces
Silice.	0 ,242	0,238	0,240

Ainsi, l'effet produit d'une manière complète par la trempe se trouve réalisé partiellement par le martelage, auquel il est naturel d'assimiler l'action de resserrement produit par la brusque contraction de la surface extérieure. Les propriétés caractéristiques de l'acier apparaissent quand l'effet de l'action mécanique exercée au moment où la séparation du carbure fondu pourrait se produire, la cristallisation qui donne naissance à la matière graphiteuse ne peut exister.

En mesurant les dimensions d'une barre d'acier avant la trempe, au rouge et après la trempe, M. Caron a trouvé pour le volume initial 20,00, au rouge 21,557 et après la trempe 20,351. L'effet de la trempe a donc été de rapprocher brusquement les molécules les unes des autres, comme eût pu le faire le choc d'un marteau agissant en tous sens; ce refroidissement rapide, en rapprochant les molécules, assure l'homogénéité.

D'après de nombreuses expériences faites en variant les liquides servant à tremper l'acier, le même expérimentateur dit que la dureté, l'aigreur, ainsi que les autres effets produits par la trempe, semblent toujours être inversement proportionnels au carré de la durée du refroidissement du métal, durée qui dépend de la température, de la densité, de la chaleur spécifique, de la conductibilité et peut-être de la mobilité du liquide employé pour la trempe.

A cet élément d'explication des phénomènes de la trempe qui trouve des applications intéressantes lorsqu'il s'agit de corps composés, la théorie mécanique de la chaleur en est venue apporter un qui s'applique à la généralité des corps, qui est une autre manière plus synthétique de présenter les faits d'ordre moléculaire et donne le moyen de mesurer sous forme de quantité de chaleur la quantité de travail des molécules des corps. La quantité de chaleur contenue dans un corps n'étant autre chose que la somme des forces vives moléculaires, quantité qui va croissant avec la température, lorsqu'on laisse refroidir un corps lentement de t degrés, indépendamment de toute action intermoléculaire spéciale, la quantité de chaleur qui disparaît est $Q = ct$, c étant la chaleur spécifique, c'est-à-dire est proportionnelle à l'écart t entre la température finale et la température initiale.

Si, au lieu de se refroidir lentement, le corps chaud est immergé brusquement dans un liquide froid, il tend bien toujours à perdre la quantité de chaleur Q. mais il ne peut pas toujours la dégager. En effet, le refroidissement immédiat de la surface extérieure permettant aux molécules placées près de celle-ci d'exercer de puissantes forces d'attraction, il se forme une enveloppe qui resserre brusquement la masse intérieure chauffée, par une action analogue à une action de martelage, qui donne des résultats différents suivant que les corps sont mous ou durs, ou ce qui est à peu près la même chose, qu'ils sont fusibles à des températures basses ou élevées, la quantité de chaleur qui détruit la cohésion d'un corps croissant nécessairement avec cette cohésion; suivant encore qu'ils sont bons ou mauvais conducteurs de la chaleur. Cette enveloppe resserrant des molécules disposées d'après l'état vibratoire qu'elles possèdent à haute température, tend à les empêcher de prendre un autre volume qui correspondrait à un autre état d'équilibre, et par conséquent agit pour déterminer l'état moléculaire en raison de sa propre résistance, comme dans le cas de corps mauvais conducteurs elle rend très-longue la dispersion de la chaleur qui répond à un changement d'état. Les effets d'attraction des molécules, pour dégager la chaleur latente, varient donc par la trempe, et on peut dire que la quantité de chaleur que possède le corps trempé n'est pas la même que celle que possède le même corps non trempé, que la constitution moléculaire est autre.

Passons en revue les résultats de l'expérience; nous verrons qu'ils s'analysent fort bien en partant des observations ci-dessus.

Nous distinguerons deux cas : celui où on fait tomber dans le liquide froid le corps fondu, c'est-à-dire dont les molécules sont devenues susceptibles de prendre des mouvements orbitaires, et le cas où le corps solide a été seulement ramolli par la chaleur, où les molécules ont pris des mouvements pendulaires de grande étendue, entre lesquelles l'intensité des forces moléculaires est bien moindre qu'à une température moins élevée. Le ramollissement, voisin de l'état liquide, permettant par suite un effet de déplacement, de glissement moléculaire par l'effet de compression, de martelage de la trempe, est nécessaire pour que les effets de celle-ci se produisent. Quand ce point n'est pas atteint, il n'y a que refroidissement plus ou moins lent d'un corps dont la constitution moléculaire ne saurait être modifiée; la trempe ne produit alors aucun effet.

I. *Corps fondus*. — Les corps dont nous allons parler sont mauvais conducteurs du calorique; ce sont les seuls que nous connaissions pour lesquels la trempe produise des effets sensibles.

1° *Corps mous. Trempe de soufre.* — Lorsqu'on verse dans de l'eau froide du soufre ordinaire fondu (à 114°) et chauffé jusqu'à la température de 230°, il reste mou, plastique, c'est-à-dire dans un état intermédiaire entre l'état solide et l'état liquide. Peu à peu sa surface se ride, il durcit et après quelques jours est redevenu cassant, est passé à l'état de soufre ordinaire. Si on chauffe du soufre mou jusqu'à 90 ou 95° seulement, il se dégage de la chaleur; à l'intérieur de la masse la température s'élève à 114°, et le soufre fond.

Il est impossible de méconnaître dans ces faits et un emmagasinement de chaleur qui ne se dissipe que lentement, ce que fait comprendre la très-faible conductibilité du soufre pour la chaleur, et la production de chaleur à mesure que les molécules se soudant et par suite produisant de ce fait un accroissement de forces vives, passent en outre de l'état de liberté qui caractérise les liquides à l'état solide; lorsque les vibrations orbitaires deviennent pendulaires, ont de moindres amplitudes pour un même nombre de vibra-

tions à une même température, et par suite ne conservent qu'une moindre quantité de forces vives. Or, tout ceci se produit manifestement par l'influence de l'espèce d'enveloppe continue, de peau élastique et résistante que fait naître la trempe qui comprime les molécules à l'état liquide, les empêche de prendre rapidement les dispositions de polarité qui répondent à une cristallisation confuse, que l'expérience a montré répondre à une diminution de densité relativement à l'état mou (Berzélius).

Ces explications des phénomènes vont devenir très-claires en étudiant un cas pour lequel les conditions physiques générales sont peu différentes, sauf qu'il s'agit d'un corps ayant beaucoup plus de dureté, fusible à une température plus élevée que le soufre, du verre.

2° *Corps durs. Trempe du verre.* — Une goutte de verre fondu étant projetée dans l'eau, forme ce qu'on appelle une *larme batavique*, une larme à surface vitreuse, brillante, en apparence très-résistante; mais si on vient à casser la queue très-fine de cette larme, tout éclate et tombe en poussière.

La solidification de la couche extérieure n'obéissant plus à l'intérieur comme dans le cas du soufre mou qui durcit, se produit ici comme dans le cas précédent, mais à cause de sa plus grande résistance les molécules qui auraient besoin d'obéir à des actions de polarité pour passer de l'état liquide à l'état solide, ne pouvant distendre l'enveloppe, ne parviennent pas à se souder les unes aux autres. Elles se trouvent par suite dans un état de tension qui se manifeste dès que la résistance de l'enveloppe ne lui fait plus équilibre de toutes parts, qu'il y a rupture en un point. Il faut remarquer que cette constitution curieuse du verre ne répond pas à une dureté de la surface plus grande que celle du verre ordinaire. Les molécules conservent une force vive, une tension toute particulière; c'est là tout le phénomène.

II. *Corps ramollis par la chaleur.* — Nous nous occuperons maintenant de la trempe dans la condition où elle est exclusivement employée dans les arts, c'est-à-dire quand elle est donnée à des corps sans détruire leur forme, qu'elle est appliquée à des corps non pas fondus par la chaleur, mais seulement assez ramollis pour que l'action de solidification de la surface extérieure brusquement refroidie, puisse se faire sentir sur les molécules de la masse. De plus, les corps que nous allons considérer étant métalliques et par suite bons conducteurs du calorique, ne donnent pas lieu, en général, à des actions lentes, comme dans le cas du soufre, d'un corps mauvais conducteur, bien que nombre de phénomènes bizarres, consécutifs de la trempe de l'acier, ne puissent s'expliquer que par de semblables actions.

On doit distinguer deux cas distincts, selon que la surface trempée, épaisse en raison de la conductibilité des corps malléables dont il s'agit ici étant toujours grande, est, dès le premier moment de l'immersion, très-résistante ou médiocrement résistante. Ce dernier cas est celui du bronze, le premier celui de l'acier; de plus ce corps est d'une nature toute particulière.

Trempe du bronze. — Tout corps bien homogène, dont les molécules sont fortement soudées ensemble, comme le cuivre rouge, le fer, est, en général, quelque peu adouci, rendus plus malléable par un chauffage suivi d'une immersion dans l'eau froide. Cet effet, résultat nécessaire de l'état de dilatation engendré par la chaleur, que la trempe rend en quelque sorte en partie permanent, est à peine sensible pour les corps homogènes. Il est beaucoup plus appréciable pour le bronze, alliage plus fusible que les corps précédents et par suite qu'il est facile de chauffer jusqu'au point de ramollissement. En outre, les effets de liquation qui tendent à se produire entre les métaux élémentaires, sont évités par le martelage moléculaire de la trempe; elle donne de la douceur et fait éviter l'influence de grains durs et cristallins. Aussi, bien que les effets soient bien moindres que pour l'acier, la trempe est le moyen de travailler le bronze au marteau, comme d'Arcet l'a reconnu pour la fabrication des tam-tam chinois.

Trempe de l'acier. — Pour l'acier très-résistant, fusible à une température fort élevée, et surtout non homogène par l'effet de son élément non métallique, les résultats se rapprochent davantage de ceux constatés pour le verre dur et cassant que de ceux constatés pour le soufre. L'action de compression de la surface extérieure, de martelage, doit faire prendre aux molécules intérieures un état de tension analogue à celui constaté dans les larmes bataviques, la résistance de la surface extérieure étant très-grande, ce qui est bien conforme aux résultats d'expérience. De plus, le refroidissement brusque a sur le carbure de fer fondu réparti dans la masse, un effet rendu évident par les observations de Karsten. Il ne peut plus former de petits cristaux et faire gonfler la masse dont il fait partie; sous l'action de martelage de la surface brusquement refroidie, il se produit un mélange plus régulier des molécules non conductrices et par comparaison au corps refroidi lentement, un état particulier de tension, de division moléculaire.

L'analyse des phénomènes de la trempe que nous venons de donner se trouve tout à fait confirmée. par les expériences de M. J. Regnaud, qui a montré que l'acier trempé devait être considéré comme renfermant moins de chaleur que l'acier recuit, ou, pour mieux dire, que lors du recuit l'attraction inter-moléculaire produit dans l'acier des effets d'attraction ou de dégagement de chaleur équivalente que la trempe avait empêchés de se produire.

Cherchant à analyser les effets de l'amalgamation des surfaces métalliques des éléments des piles qui gagnent par cette opération un excès de force électromotrice, ce physicien a dû se demander comment il pouvait se faire que le zinc uni à un métal moins oxydable que lui, formât un composé qui paraît agir comme s'il possédait une affinité plus grande que la plus grande des affinités des éléments constituants.

L'explication de ce fait se trouve dans le changement d'état du zinc qui passe à l'état liquide par l'amalgamation. La chaleur absorbée par la liquéfaction du zinc augmente la force électro-motrice; toutefois il faut remarquer que la chaleur dégagée par la combinaison agit en sens contraire, mais à cause de la grande chaleur latente du zinc le premier effet est prédominant.

Le contraire a lieu pour le cadmium, corps bien voisin du zinc sous tous les rapports, sauf que sa chaleur latente est beauconp moindre ; aussi l'amalgamation d'un élément de cadmium conduit à une perte de force électro-motrice.

La vérité de cette explication a été démontrée par M. J. Regnauld par des expériences directes. En mélangeant parties égales de limaille de zinc, et de cadmium et de mercure, on voit avec le zinc le thermomètre baisser de 2° 1/2 et monter avec le cadmium de 3°.

L'application de ces faits à la théorie de l'acier est fondée sur une déduction bien certaine, en partant de ce fait d'abord parfaitement établi par de nombreuses expériences, que l'acier trempé est toujours électro-négatif par rapport à celui qui n'est pas trempé, absolument comme le zinc pur et le zinc amalgamé, ainsi que M. Davy l'avait reconnu dès 1826; le premier est toujours positif par rapport au second, ce qui revient

à dire que le zinc amalgamé s'attaque plus que le zinc ordinaire.

Appliquant donc à deux états d'un même corps les idées qui ont servi de guide dans l'étude des effets produits par deux métaux différents, et remontant des propriétés chimiques aux propriétés thermiques et mécaniques, n'est-on pas autorisé à penser que la chaleur de constitution de l'acier trempé est moindre que celle de l'acier recuit? Dans l'acier trempé, formé en masse des mêmes éléments que l'acier recuit, mais dont les molécules, par suite du refroidissement, ont conservé un groupement anormal et persistant, cette diminution de la quantité de chaleur ou, pour parler plus exactement, la chaleur qui se dégagerait si la trempe n'empêchait pas les forces moléculaires de produire leur entier effet, rend bien compte de la constitution mécanique si différente avant ou après la trempe.

Ce curieux résultat, si nettement établi, est bien en rapport avec l'assimilation de la trempe au martelage à laquelle parvient M. Caron, car un semblable effet dégage de la chaleur qui ne disparaît pas toute entière par le refroidissement; cette action détruit une cristallisation qui répond à une action moléculaire.

Du recuit. — Nous avons déjà parlé du recuit, c'est-à-dire du chauffage de l'acier à une température inférieure à celle de la trempe suivi de son refroidissement lent, opération qui, dans la pratique des arts, succède toujours à la trempe. Elle a pour but principal de développer l'élasticité de l'acier et de l'empêcher de s'égrener, de resouder en quelque sorte ses molécules, sans faire disparaître les caractères principaux, la dureté notamment de l'acier trempé, résultant d'un changement brusque de température à partir d'un degré de chaleur bien supérieur à celui du recuit.

Méthodes suivies pour la trempe de l'acier. — Revenons à la trempe de l'acier dans la pratique des arts, la seule qui ait des applications industrielles de grande importance.

La trempe est une des opérations les plus difficiles qui se rencontrent dans la pratique des arts, une de celles dans lesquelles on trouve le moins d'ouvriers y excellant par un talent particulier. Le point le plus convenable dans le chauffage de l'acier, la manière de présenter la pièce et de la plonger suivant sa forme, pour éviter qu'elle ne se voile ou ne se gerce, sont autant de difficultés qui exigent chez le trempeur une grande expérience.

Il y a grand avantage à ne pas trop chauffer l'acier, c'est-à-dire à atteindre seulement le point pour lequel se produit une trempe très-dure, ce qui correspond pour l'acier ordinaire au rouge cerise. L'acier se tourmente moins et la trempe est meilleure que si on avait chauffé davantage. Le degré de la meilleure trempe correspond précisément à un point un peu supérieur à celui auquel la trempe n'a point lieu, ce qui répond sans aucun doute à un commencement de ramollissement. A ce dernier point, la trempe ne sert, au contraire, qu'à ecuire l'acier et à le rendre extrêmement doux.

Pour obtenir un point fixe on avait proposé de chauffer l'acier au moyen de bains métalliques composés de proportions variables de plomb et d'étain, de manière à obtenir par le fait de leur fusion une température parfaitement fixe tant pour la trempe que pour le revient. Mais la complication de cette disposition, et surtout la variation perpétuelle de la qualité des aciers, leur altération lors du travail préparatoire des objets, ont empêché cette méthode d'être généralement adoptée. Nous citerons cependant le célèbre graveur en médailles, M. Galle, qui trouvait grand avantage à chauffer ses coins dans un bain de plomb, dont la couleur était rendue bien sensible en opérant dans l'obscurité. Le chauffage, certainement plus régulier qu'à un feu de forge, ne pouvait que donner des résultats plus avantageux.

TREMPE.

Passons en revue maintenant, d'après un auteur anglais, M. Holtzapffel, les circonstances de la trempe des principaux outils.

Les forets les plus délicats des horlogers sont chauffés dans la portion bleue de la flamme d'une chandelle; ceux plus forts dans la flamme d'un chalumeau projetée très obliquement sur eux et un peu au-dessous de leur pointe quand ils sont extrêmement minces; on peut les agiter dans l'air pour les faire refroidir, mais plus généralement on les pique dans le suif de la chandelle même, ou bien on les plonge dans l'huile de la lampe. On les recuit soit par leur propre chaleur, soit en les plongeant dans la flamme au-dessous de la pointe de la mèche.

Pour les outils qui tiennent le milieu entre ceux qu'on soumet à l'action du chalumeau et ceux qu'on expose à un feu nu, il y en a beaucoup qui exigent le tube de fer ou le bain de plomb et de charbon, mais le plus grand nombre d'outils sont trempés à la forge du serrurier ordinaire sans avoir besoin de ces moyens de protection.

Les outils de dimension modérée, tels que la plupart de ceux dont on fait usage dans l'art du tour, ainsi que les ciseaux et les gouges dont les charpentiers font usage, etc., sont généralement chauffés à feu nu; mais il faut avoir l'attention de les promener en longueur continuellement dans le feu, afin d'égaliser la température qu'on leur applique, puis de les plonger verticalement dans l'eau et de les y agiter horizontalement pour les exposer aux portions les plus froides du liquide. Si on le juge nécessaire, on ne les plonge que jusqu'à une certaine profondeur, le reste de l'outil reste doux.

Les rasoirs, les canifs sont chauffés dans un feu de coke ou de charbon et plongés obliquement dans l'eau. Pour recuire les rasoirs, on les pose par le dos sur un feu clair au nombre d'une demi-douzaine environ, et on les enlève un à un, lorsque le tranchant, encore mousse, a pris une couleur jaune paille clair; si le dos a été chauffé au-delà du jaune paille, les lames sont refroidies dan l'eau. Les lames de canif sont recuites par une ou deux douzaines à la fois sur une plaque de fer ou de cuivre d'environ $0^m,30$ de longueur, $0^m,10$ de largeur, et épaisse de $0^m,006$. Les lames sont toutes rangées sur le dos les unes à côté des autres et s'appuient ainsi obliquement l'une sur l'autre. A mesure qu'elles atteignent le recuit, on les saisit et on les enlève avec une petite pince, et on les jette dans l'eau si cela est nécessaire, et d'autres sont ramenées des points les plus froids de la plaque pour prendre leur place.

Les haches, les cognées, les ciseaux à froid, et une foule d'autres outils semblables dont la masse totale en métal est considérable comparativement à celle qui doit être trempée, ne sont plongés qu'en partie et recuits tout simplement par la chaleur qui reste encore à la masse de l'outil; seulement quand on a atteint la couleur qui indique que le recuit est opéré, on les immerge entièrement.

Si on voulait tremper des enclumes, de grosses étampes ou autres pièces d'un volume considérable par immersion directe, la formation rapide de la vapeur sur les côtés du métal s'opposerait au libre accès de l'eau pour enlever la chaleur avec une célérité suffisante. Dans ce cas, on fait tomber d'un réservoir supérieur ou l'on projette avec une pompe une colonne volumineuse d'eau sur la surface de l'objet qu'il s'agit de tremper.

On fait souvent usage d'huile et de différents mélanges d'huiles, de suif, de cire, de résine, etc., pour tremper un grand nombre d'objets minces et élastiques, tels que des aiguilles, des hameçons, des plumes en acier, des ressorts, etc., qui exigent une trempe plus douce et plus souple que n'en donne l'eau.

TREMPE.

Par exemple, les plumes en acier sont chauffées en grand nombre dans une capsule qu'on place dans un fourneau ; quand elles ont atteint la température requise, on les trempe dans un mélange huileux ; généralement, on les recuit également dans l'huile ou dans une composition dont le point d'ébullition est le même que la température convenable à ce recuit. Ce mode est extrêmement expéditif, et le recuit ne peut tomber au-dessous du degré voulu. On se sert aussi de la chaleur sèche d'un four, et ces deux moyens peuvent être employés pour avoir un recuit plus fort que celui donné par l'huile bouillante ; mais, dans ce cas, il faut apporter plus de soin et d'attention pour ces basses températures.

Les scies et les ressorts sont généralement trempés de la même manière et paraissent perdre de leur élasticité après la trempe et le recuit, par la réduction et le frottement qu'ils éprouvent dans l'écurage, le polissage, etc. Vers la fin des travaux de fabrication, on leur rend de l'élasticité, principalement par le martelage, et en les chauffant sur un feu clair jusqu'au jaune paille ; la couleur s'enlève au moyen de l'acide hydrochlorique très étendu, après quoi les scies sont bien lavées à l'eau pure et séchées.

Les ressorts de montre se fabriquent au marteau avec du fil d'acier de diamètre convenable jusqu'à ce qu'ils aient atteint dans une jauge la largeur convenable ; l'instrument indique aussi s'ils ont acquis ainsi une égalité parfaite d'épaisseur dans toute leur longueur. On perce des trous à leurs extrémités et on les dresse sur les bords avec une lime douce, on les lie ensuite avec un fil métallique qu'on tourne mollement autour et on les chauffe sur un feu de braise, sur une plaque de métal, on les trempe dans l'huile et on les soumet au flambage.

Le ressort est alors étendu sur un cadre oblong en métal semblable à celui qu'on emploie pour les scies, puis écuré et poli avec de l'émeri et de l'huile entre des blocs de plomb. Dans ce moment son élasticité paraît complétement perdue et on peut le courber suivant toutes les directions ; toutefois on lui rend complétement cette élasticité par un forgeage ultérieur sur une enclume très polie.

La couleur se donne sur une plaque de fer, sous laquelle on fait brûler une petite lampe à esprit de vin. Le ressort est continuellement promené sur une longueur de 7 à 8 centimètres à la fois jusqu'à ce qu'il prenne une teinte orange ou bleu foncé dans toute son étendue suivant le goût des consommateurs. Beaucoup d'entre ceux-ci considèrent en effet la couleur comme un objet d'ornement et non pas comme étant essentielle.

Le dernier travail que subit le ressort est de le rouler en spirale, afin qu'il puisse entrer dans le barillet qui doit le contenir ; c'est ce qu'on fait au moyen d'un outil qui consiste principalement en un arbre de petit diamètre et une petite manivelle, mais sans employer le secours de la chaleur.

Les ressorts de balancier des chronomètres pour la marine, qui ont une forme héliçoïde, sont roulés sur le filet carré d'une vis ayant son diamètre proportionné à leur épaisseur. Les deux extrémités du ressort sont retenues par des vis latérales, et le tout est soigneusement enveloppé dans une feuille de platine qu'on serre fortement sur le ressort avec un fil métallique. La masse est ensuite chauffée dans un morceau de canon de fusil fermé par un bout et plongée dans l'huile qui trempe le ressort presque sans le décolorer, à cause de l'exclusion de l'air par l'enveloppe en platine qu'on retire alors. Le ressort est ensuite ramené au bleu avant de l'enlever de dessus la vis où il est enroulé.

Le ressort de balancier des montres ordinaires est souvent laissé à l'état doux ; ceux des montres de prix sont trempés en les roulant sur un cylindre, puis tournés en spirale en les faisant passer entre une lame mousse et le pouce, comme quand on veut faire friser une petite bande de papier.

Pour tremper les ressorts de voiture, on les fait chauffer en les promenant suivant leur longueur dans un feu de forge ordinaire monté en voûte et on les plonge dans un bain d'eau froide. Pour les recuire on les chauffe au rouge très sombre et visible seulement pendant la nuit ; le jour on reconnaît cette température au moyen d'un copeau de bois qu'on appuie sur le ressort et qui doit alors scintiller, puis on laisse refroidir dans l'air. Le métal a 13^{mm},143 d'épaisseur, et on considère 15 à 16 millimètres comme la limite à laquelle l'acier peut encore se tremper convenablement pour faire un ressort.

Un résultat curieux paraît avoir été obtenu dans ces derniers temps par M. Griset, fabricant de plaqué à Paris, pour la trempe des grosses pièces, qui rend très rare la rupture des pièces provenant du mouvement moléculaire de l'acier trempé.

Ce procédé consiste à tasser, ou plutôt à écrouir, à l'aide d'une forte compression dans tous les sens, les pièces qui doivent être soumises à la trempe.

Ce tassement ou écrouissage peut être obtenu, suivant la nature des pièces, par un choc souvent répété, au moyen d'un marteau ou d'un martinet, ou bien par une pression opérée, soit à l'aide d'une presse quelconque, soit par l'action du laminage.

Ce procédé de préparation de l'acier avant de le soumettre à la trempe est applicable à plusieurs industries ; un de ses plus utiles emplois consiste dans la fabrication des cylindres d'acier pour le laminage des métaux. Dans ce cas, c'est par le laminage qu'on écrouit les cylindres pour les tremper d'une manière plus sûre. On en place deux à cet effet dans une cage de laminoir, et une machine à vapeur ou autre moteur leur imprime un mouvement rapide de rotation ; on fait passer entre eux des bandes d'acier ou autres corps durs, de manière à faire des raies très rapprochées sur leur circonférence Lorsqu'ils ont été soumis pendant quelque temps à ce travail, on les trempe après avoir régularisé leur surface.

Nous terminerons en faisant remarquer que le revient, le réchauffage de l'acier trempé, le fait passer successivement par les couleurs jaune-paille, jaune d'or, rouge, gorge de pigeon, violet foncé, violet bleu, bleu foncé, bleu clair, gris. Suivant la qualité de l'acier, suivant l'élasticité nécessaire, on arrête, en plongeant dans l'eau, à la couleur reconnue par expérience la meilleure. C'est le bleu qui correspond au maximum d'élasticité.

Trempe au paquet. On voit souvent les trempeurs entourer leurs pièces, avant de les mettre au feu, d'enduits de diverses sortes. Lorsque ces enduits sont terreux ils n'ont pour but que de préserver la surface de l'oxydation ; mais souvent ces enduits sont composés de suie, d'huile, de corne, etc., toutes matières destinées à fournir du carbone et à produire à la surface une véritable cémentation, qui acière la surface de la pièce qui n'est souvent que du fer, ce qui permet, comme dans l'armurerie, de lui donner un superbe poli. Les recettes transmises dans les ateliers peuvent être généralement remplacées par un procédé plus récent, dont les résultats sont certains et qui paraît satisfaire à toutes les conditions. Nous voulons parler de l'emploi du prussiate de potasse. La pièce saupoudrée de ce sel réduit en poudre étant mise au feu, celui-ci fond, se charbonne, et sous l'influence de la potasse, la cémentation s'accomplit avec une rapidité merveilleuse, et le morceau de fer ainsi couvert et trempé se trouve enveloppé d'une surface d'acier d'une dureté extrême, susceptible du plus beau poli

Nouveau procédé de trempe. Une bonne disposition du chauffage de l'acier peut faciliter notablement cette difficile opération ; nous voulons parler du chauffage au gaz.

Le chauffage de l'acier est la partie délicate de l'opération de la trempe, comme nous l'avons dit ci-dessus, et la seule que l'ouvrier qui emploie l'acier puisse surveiller de manière à diminuer les accidents et les brisures; il ne peut changer la nature de l'acier, les manques d'homogénéité à l'intérieur; c'est au fabricant d'acier à livrer des produits parfaits pour les travaux délicats, la gravure, etc.

Pour améliorer le chauffage de l'acier, pour opérer dans la perfection, il faut le chauffer à une température invariable, la plus convenable d'après sa nature. Ce problème, insoluble avec un fourneau alimenté avec du charbon, est au contraire facilement soluble avec le gaz. Si, en effet, on suppose l'acier, enveloppé de poussier de charbon, et placé dans un moufle entouré de flamme de gaz incandescent, la température de ce moufle sera en raison de l'affluence du gaz réglée par un robinet. Il s'établira un état d'équilibre en raison du nombre de calories produit en chaque instant, et de celui consommé par le rayonnement et entraîné par les produits de la combustion.

On obtiendra ainsi des températures élevées très constantes, solution d'un problème dont on peut apprécier l'importance par tous les emplois de la vapeur d'eau pour obtenir des températures de 100°, ou des bains métalliques pour celles de 250 à 300°. Par ce système l'acier, toujours chauffé à la température la plus convenable, sera parfaitement trempé, sans qu'on ait couru la chance de le voir se briser par suite d'un chauffage exagéré, cause fréquente de destruction de pièces coûteuses.

La facilité de combiner un semblable appareil, à l'aide d'un bec de gaz d'éclairage et d'un simple robinet, nous paraît devoir le rendre généralement applicable.

Trempe Clémandot. Les principes posés ci-dessus permettent de bien se rendre compte des résultats heureux qui ont été obtenus par M. Clémandot, par une compression énergique de l'acier chauffé, produisant une action analogue à celle du martelage pour rapprocher les molécules, dont les recherches de Caron établissent si bien l'importance.

Mais le martelage seul produit un effet à peu près insignifiant, lorsque la pièce qui y a été soumise se refroidit lentement.

Or, la manière d'opérer de M. Clémandot produit deux effets physiques très différents, et presque simultanés : 1° une compression énergique et continue ; 2° un refroidissement rapide de l'acier. En effet, il place la pièce d'acier fortement chauffée, sur le plateau métallique d'une presse hydraulique, qui exerce une compression qu'il pousse jusqu'à 2,000 et même 3,000 kilogrammes par centimètre carré.

Le refroidissement, sans être aussi instantané à la surface que dans l'eau, se fait rapidement dans toute la masse, en même temps que se produit un écrouissage énergique qui, sans empêcher, comme la trempe le carbone dissous à haute température dans l'acier de se séparer à l'état de graphite, le maintient en place, partiellement au moins.

Ce procédé, de durcissement sinon de trempe, est particulièrement intéressant pour toutes les pièces qui offrent deux surfaces parallèles, ce qui rend facile leur placement sur la presse hydraulique.

Elles deviennent dures et résistantes sans qu'on ait à craindre les ruptures qui se produisent si souvent dans l'acier trempé; la destruction des pièces par suite de la tension intérieure qui les fait quelquefois éclater longtemps après qu'elles sont sorties de l'eau, et lorsque l'on croit l'opération réussie. CH. LABOULAYE.

TRÉPAN. Voy. SONDAGE.

TREUIL HYDRAULIQUE (*angl.* hydraulic crane). Voy. TRANSMISSION DU TRAVAIL.

TRIPOLI. Tuf siliceux composé de silice presque chimiquement pure, employé pour polir.

TROMPE. Voyez MACHINES SOUFFLANTES.

TRUFFE. CULTURE. Cultiver la truffe, dit M. Chatin, semble un paradoxe, et cependant c'est chose passée dans la pratique de nos départements les plus grands producteurs de ce délicieux champignon souterrain. C'est dans le département de Vaucluse qu'est née la culture de la truffe, c'est aussi dans ce département et dans celui voisin, des Basses-Alpes, que cette culture a fait le plus de progrès.

Cette culture est des plus simples. Si vous voulez des truffes, disait de Gasparin, il y a quarante ans, semez des chênes. C'est que de Gasparin habitait au pied du mont Ventoux, sur les pentes duquel d'intelligents rabassiers (chercheurs de truffes), guidés d'abord par le hasard, firent les premiers semis.

On peut réduire à ceci les conditions de la culture de la truffe: Semer des glands *truffiers* sur une terre calcaire et dans un climat propre à la maturation du raisin.

Disons tout d'abord qu'on donne le nom de glands truffiers aux glands tombés sur le sol des truffières; d'ordinaire ces glands proviennent des chênes mêmes qui abritent et sans doute alimentent des truffières. Ces chênes sont d'ailleurs, dans le Poitou et le Périgord, le *Quercus pubescens;* en Provence, le *Quercus* et le *Quercus Ilex.*

Il ne faudrait pas cueillir les glands sur l'arbre même, car ce n'est qu'en tombant sur la terre qu'il a chance d'emporter avec des parcelles du sol les spores ou graines de la truffe, lesquelles germant avec le gland du chêne et se développant parallèlement à lui, produiront le mycelium ou *blanc de la truffe.* La présence exclusive des truffes sur les sols calcaires est un fait constant d'observation dont je ne veux citer qu'un cas particulier d'une grande netteté. Quand on se rend de Poitiers à Périgueux en passant par Limoges, on quitte les truffes en même temps que le calcaire après Montmorillon pour les perdre de vue sur tout le sol granitique du plateau Central et les retrouver, avec les formations calcaires, dès qu'on approche de Thiviers, où est un marché de truffes assez important.

Tous les sols calcaires peuvent produire des truffes, mais il semble que les plus favorables soient les terrains jurassiques, à ce point que la carte de ces terrains est à peu près la carte de la production truffière.

Le climat qui convient à la formation des vignobles est, ai-je dit, celui qui convient à la truffe; cependant il résulte des faits observés que la truffe dépasse un peu la vigne en altitude, dans les montagnes du Dauphiné et la Provence.

Étant données les conditions propres à la culture des truffes, la récolte suivra les semis, après six ans en Provence, après huit ou dix ans dans le Poitou et les zones situées plus au nord.

Les soins à donner aux futures truffières consistent en un simple labour en avril, le repos de la terre étant nécessaire pendant le reste de l'année, sous peine de nuire à la formation des truffes.

Quant aux produits que peut donner la culture des truffes, on peut s'en faire une idée en considérant que les 20 hectares de bois truffiers, créés par M. Rousseau, aux portes de Carpentras sur un sol caillouteux qui se louait à peine 50 francs, donnent en moyenne, par hectare, pour 2,900 francs de truffes.

Dans tout ce qui précède on a eu en vue la délicieuse truffe dite du Périgord (*Tuber cibœrium* ou *melanosporum*), qui garde ses qualités en tous lieux, même à Étampes et à Corbeil, aux portes de Paris.

En quelques contrées, notamment en Bourgogne et en Champagne, on récolte beaucoup de truffes, mais des truffes peu estimées hors du pays et qui se rattachent à deux espèces, peut-être à trois, les *Tuber mesenterium*, *brumole* et *burgundium* ou *uncinatum*.

Or, la qualité des truffes tenant moins au climat qu'à l'*espèce*, comme on le constate tous les jours pour les cerises, les prunes, les poires, etc., la Bourgogne et la Champagne feront bien de remplacer, et la chose est facile avec les glands truffiers tirés de Provence, leurs mauvaises truffes par la truffe dite du Périgord.

TUBES BERENDORFF. L'emploi des tubes, pour augmenter l'étendue des surfaces de chauffe des générateurs à vapeur, offre le grave inconvénient d'en rendre le nettoyage presque impossible. On ne peut plus retirer les tubes, dont le diamètre a augmenté par suite des incrustations qui s'y sont attachées, à travers les trous des plaques de tête et par suite on ne peut détacher celles-ci. C'est à cet inconvénient grave que remédie le système imaginé par M. Berendorff et adopté par nos principaux constructeurs.

Les extrémités de chaque tube sont renflées et façonnées en tronc-cônes, dont l'un est un peu plus aigu que l'autre, comme on le voit sur la figure; les trous en regard dans les deux plaques sont inégalement alésés. L'un légèrement conique est un peu moins grand que son correspondant. L'emmanchement de chaque tube se fait au moyen d'une tringle de fer, taraudée aux deux extrémités; chacune porte une rondelle, M, M', de forme différente et deux écrous *m*, *m*' destinés à faire marcher l'une vers l'autre les rondelles M, M'. L'une de celles-ci, M s'appuie sur le bord du plus gros bout du tube, l'autre M' porte sur la plaque tubulaire dans laquelle est pratiqué le petit alésage (fig. 1).

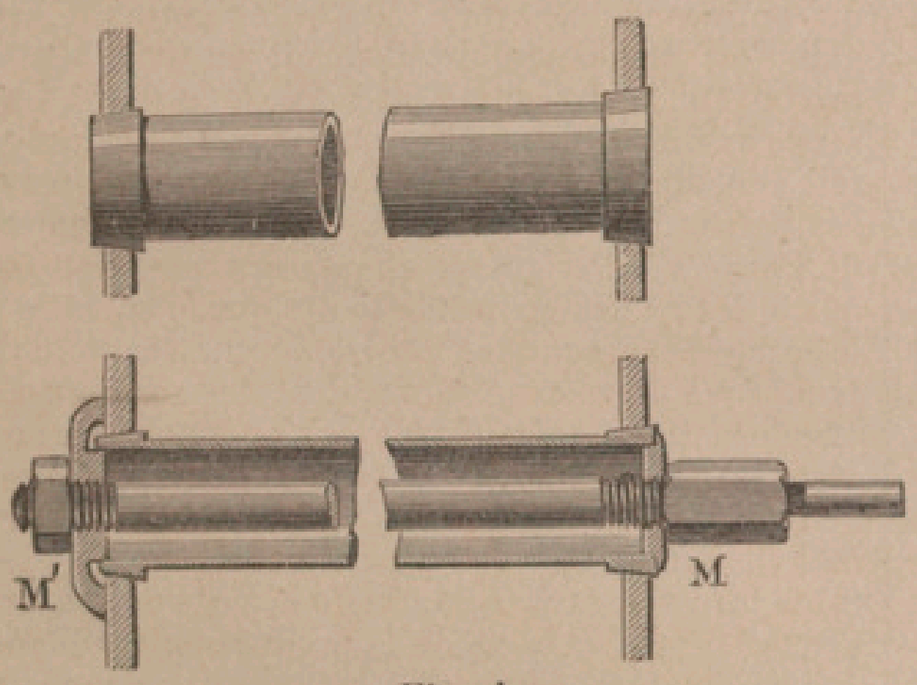


Fig. 1.

Lorsque le tube est présenté dans les ouvertures des plaques, on introduit la tringle, on place les rondelles et enfin les écrous *m* et *m*', à l'aide de ce dernier, on fait avancer le tube, dont les renflements soigneusement tournés viennent s'ajuster, se serrer dans les trous alésés. On recommande, en même temps que le serrage a lieu, de frapper quelques coups sur l'écrou *m*, pour faciliter l'opération. Pour retirer les tubes, l'inverse doit être fait, c'est-à-dire que la rondelle M' et l'écrou *m*' doivent changer de position avec M et *m*.

On évite ainsi l'étranglement des orifices des tubes par les viroles intérieures habituellement employées, on peut retirer des tubes incrustés d'épaisseurs de tartre déterminés par celles des renflements des extrémités des tubes. Ceux-ci n'étant pas produits lors de l'étirage du cuivre, ne sont pas d'une exécution facile; c'est la seule partie défectueuse du système.

TUBES EN ACIER. Un anglais, M. Thompson, en imitant et complétant le procédé Russel pour la fabrication des tubes en fer, a inventé un procédé, perfectionné encore par MM. Deakin et Johnson, avec lequel on obtient rapidement et économiquement des tubes en acier de tous diamètres, depuis les gros tubes destinés à former l'âme des canons Armstrong jusqu'aux canons de fusil du plus petit calibre. Dans ce procédé, on commence par faire un cylindre plein d'acier dans lequel on perce un trou central, sans perte de matière, au moyen d'un marteau poinçonneur. Après avoir d'abord un peu allongé ce cylindre en le forgeant sur un mandrin, on l'étire à chaud en l'enfilant sur une tige munie d'un mandrin en olive, mandrin qui détermine le diamètre intérieur du tube et qui est placé au centre d'une cannelure ronde : celle-ci est pratiquée dans deux cylindres parallèles, et suivant que sa profondeur est constante ou variable sur le développement des cylindres, on obtient un tube à parois parallèles ou à profil extérieur conique. Au sortir de ce laminoir, on dresse le tube en le faisant rouler entre deux marbres, dont l'un est suspendu (disposition analogue à celle employée dans la fabrication des AIGUILLES pour dresser les fils). Par ce procédé, l'usine de sir John Brown, à Sheffield, fabriquait dès 1867 des tubes de tous diamètres, et déclarait pouvoir livrer quinze mille canons de fusil par semaine. Elle exposait de magnifiques tubes de gros diamètres fabriqués en acier doux et un essieu de locomotive creux.

TUILES. Les tuiles servent à former la couverture des bâtiments. Ce sont des plaques en terre cuite, d'une épaisseur généralement comprise entre 10 et 15 millimètres, et affectant des formes très-diverses décrites à l'article COUVERTURES du *Complément*.

On a proposé jusqu'ici beaucoup de corps différents pour couvrir les édifices; mais tous sont ou trop coûteux, ou trop peu durables, et on est toujours revenu aux tuiles, à cause de leur durée en quelque sorte indéfinie et du prix modique de leur entretien.

Pour être parfaite, une tuile doit remplir les conditions suivantes :

Légèreté, afin de ne pas trop charger les constructions et de ne pas nécessiter l'emploi de charpentes trop fortes.

Dureté et *résistance*, afin que les ouvriers puissent marcher dessus sans courir le risque de les casser.

Lisses et *d'une forme telle* que l'eau ne puisse y séjourner et s'écoule suivant une direction se rapprochant autant que possible de la ligne de plus grande pente du toit. Lorsque cette dernière condition est remplie, la pente du toit peut être diminuée : la surface à couvrir devient alors moins grande et le cube des bois de charpente est aussi moins considérable.

Imperméabilité, afin que l'eau en la pénétrant ne surcharge pas la toiture, et en la traversant ne pourrisse pas la charpente.

Non gélives, afin de résister pendant longtemps à l'action des agents atmosphériques.

Les argiles qui conviennent le mieux à la confection des tuiles sont les argiles grasses. Il est vrai que ces argiles ont plus de tendance à se gauchir en séchant et pendant la cuisson, et qu'elles réclament plus de soins dans le travail pour combattre cette tendance; mais elles donnent des produits d'une qualité meilleure. Dans quelques localités on emploie des marnes argileuses ou limoneuses; ces terres ont moins besoin de mélange et peuvent le plus souvent être travaillées sèches; mais elles fournissent des tuiles peu solides et résistant mal aux intempéries.

De même que les briques, les tuiles peuvent être fabriquées, soit à la main, soit à la machine. Dans un cas comme dans l'autre, les pâtes se préparent ainsi que nous l'avons dit pour les briques.

MOULAGE A LA MAIN. Lorsque la terre est bien préparée, un ouvrier la coupe en tranches ayant la forme et le volume nécessaires pour remplir le moule, qui est un châssis en bois ou en fonte. Ces croûtes sont dispo-

sées à côté du mouleur, sur la table dont il se sert pour son travail. Le mouleur prend une de ces croûtes, la jette avec force dans le moule et l'y comprime afin de lui en bien faire prendre la forme, après quoi il enlève l'excédant de terre en passant deux fois sa *plane* qu'il a soin d'appuyer sur les bords du moule. Cela fait, il soulève le moule, et la galette de terre reste sur la table qu'il a dû sabler pour empêcher l'adhérence. Le *porteur* enlève cette galette et la porte au *ployeur* qui lui donne la légère courbure qu'elle doit avoir.

Pour cette opération, le ployeur introduit la galette dans un moule, généralement en métal, qui est garni d'un fond ayant la courbure voulue, il la presse avec les mains, refoule la terre dans un trou de fond afin de former le crochet, et rebouche avec de la terre nouvelle le vide laissé par ce refoulement; il démoule ensuite, et passe la tuile à un porteur qui l'emporte au séchoir.

Au bout de sept ou huit jours environ, on procède au rebattage. Pour cela, on dépose la tuile dans un moule ou calibre en cuivre présentant en relief la courbure qu'elle doit avoir; on la frappe avec précaution au moyen d'une batte en bois; on coupe les bavures et on dresse soigneusement les arêtes. Cette opération terminée, les tuiles sont remises au séchoir, où elles restent jusqu'à dessiccation complète, c'est-à-dire pendant un temps qui varie, suivant les saisons et l'état de l'atmosphère, de huit à quinze jours.

Le moulage à la main est d'une production lente et ne donne pas assez de perfection. Il est suffisant pour des briques plates ou ondulées, comme la tuile flamande (fig. 1) ou celle de Legros (fig. 2), mais il devient im-

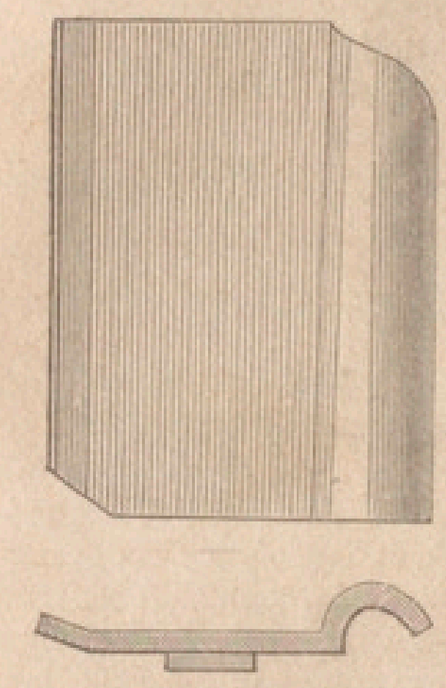


Fig. 1.

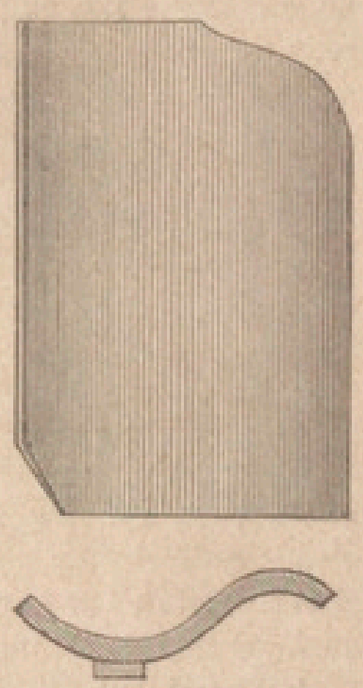


Fig. 2.

possible lorsqu'il s'agit de fabriquer des tuiles à emboîtement, tuiles qui réclament des arêtes bien vives et saillantes et *surtout* une régularité parfaite, comme les

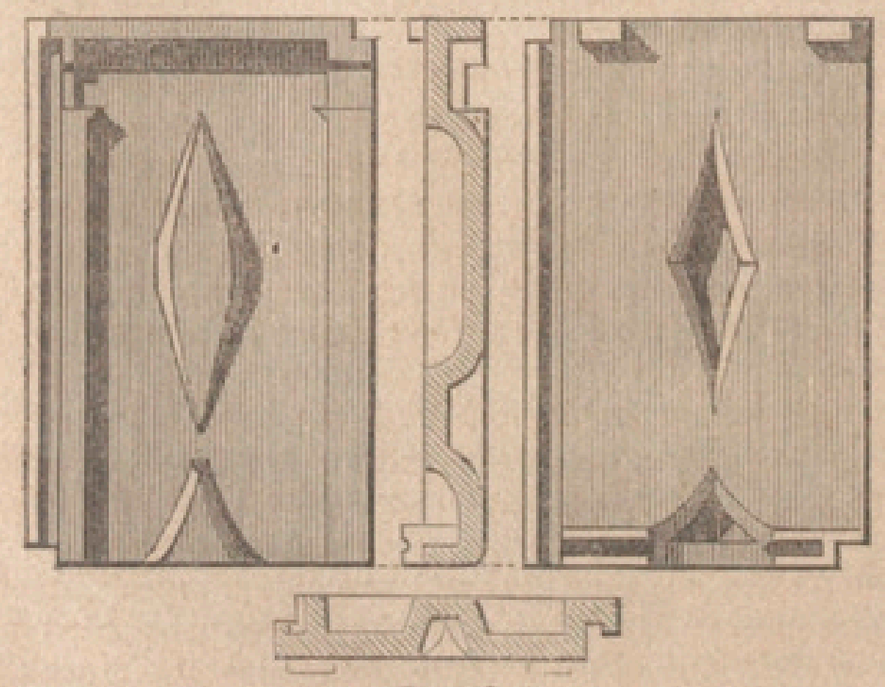


Fig. 3.

tuiles de Gilardoni (fig. 3). On est obligé alors d'avoir recours à des machines.

Les machines à tuiles peuvent être rangées en deux groupes :

Le premier groupe comprend les machines travaillant en terre molle.

Le second groupe comprend celles qui, au contraire, travaillent en terre dure.

MOULAGE EN TERRE MOLLE. Les machines de cette classe sont très-nombreuses et diffèrent peu les unes des autres : elles reposent toutes sur le même principe.

La terre, parfaitement travaillée et homogène, doit avoir la consistance de la terre à briques un peu ferme. La pâte est jetée dans un moule ou matrice en plâtre engagée dans une boîte en fonte; une autre matrice également engagée dans une boîte en fonte vient s'appliquer sur la première, et une forte pression, exercée par une presse, comprime la terre. La brique, une fois moulée, est renversée sur une planchette, puis transportée au séchoir, soit telle qu'elle est, soit après avoir été ébarbée.

Les moules sont en plâtre comme nous venons de le dire, ou en métal que l'on prend soin de graisser à chaque tuile. Ceux en plâtre sont préférables, car il n'y a que sur eux que la terre n'adhère pas, et ils permettent en outre un démoulage rapide. Dans ceux en fonte, au contraire, le démoulage est difficile, et le graissage que l'on est obligé d'opérer à chaque tuile ralentit considérablement la fabrication.

Un autre inconvénient de ce procédé de fabrication est le nombre considérable de planchettes que l'on est obligé d'avoir, sans compter les vastes séchoirs dont il faut disposer et la surveillance incessante que l'on est contraint d'exercer dans la dessiccation, pour éviter les fentes qui ne manquent jamais de se produire. En outre, il est nécessaire d'opérer un rebattage, opération qui, nous le savons, a le grave inconvénient d'allonger les parties molles et de casser souvent celles durcies par un séchage irrégulier.

Néanmoins, ce procédé de moulage est celui qui convient le mieux aux grands établissements qui disposent d'un vaste emplacement.

La presse la plus employée pour le travail en terre molle est analogue à la presse monétaire. Elle se compose de deux jumelles en fonte reposant sur un pied commun et sur lesquelles peut glisser un chariot portant un moule en plâtre. L'ouvrier place sur ce moule une plaquette de terre assez grande pour couvrir tout le moule ou à peu près, et assez épaisse pour donner une tuile ayant le moins de bavures possible; il pousse ensuite le chariot sous la seconde matrice qui est fixée à l'extrémité inférieure d'une vis à plusieurs filets engagée dans un écrou pratiqué à la partie supérieure d'une arcade en fonte. A la tête de la vis est un balancier terminé à chacune de ses extrémités par un gros poids, comme les balanciers des presses monétaires. L'ouvrier lance ce balancier de manière à exercer une forte pression, le fait remonter, et exerce une nouvelle pression : il faut deux ou trois coups de balancier pour que la terre occupe bien toutes les cavités du moule. Lorsque la tuile est moulée, on ramène le chariot à sa position initiale où l'ouvrier le fait basculer, pour déposer la tuile sur une planchette que l'on enlève et porte au séchoir.

Avec cette presse, on peut mouler 1500 à 1800 tuiles par jour, à trois coups de balancier pour chacune.

Voici le détail du prix de revient de 1600 tuiles à emboîtement ordinaire faites en une journée de onze heures avec cette presse.

MM. Schmerber frères construisent une machine en terre molle, qui est reconnue comme excellente, et permet l'exécution des tuiles de formes diverses étudiées à l'article COUVERTURES (*Complément*). Voici la description de cette machine.

Un arbre A (fig. 4), commandé par une poulie et portant deux volants B, communique le mouvement à

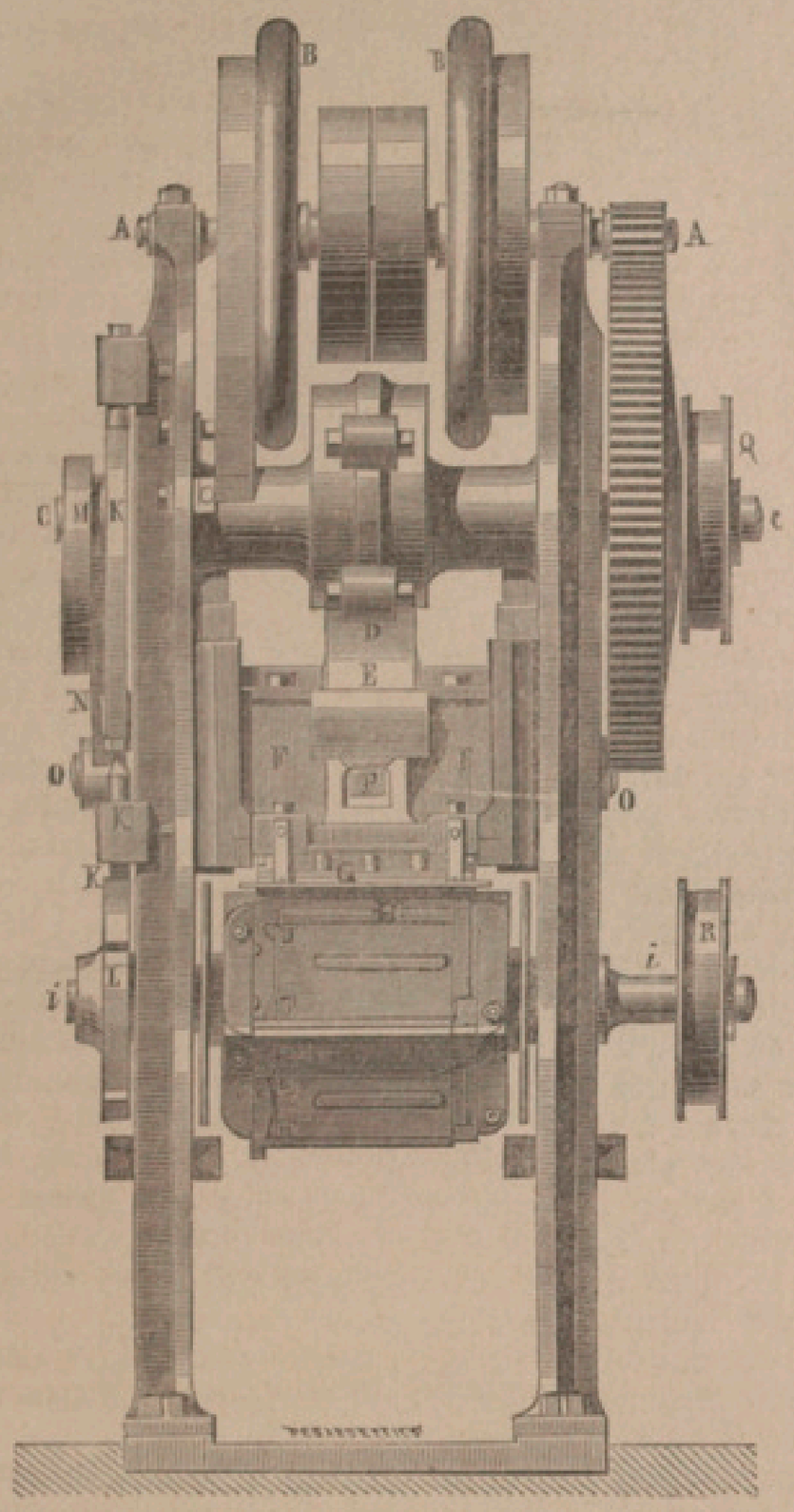


Fig. 4.

l'arbre C, à l'aide d'un pignon et d'une roue. Au milieu de cet arbre C est un excentrique D garni d'acier, et agissant sur un galet en acier fondu E engagé dans le porte-moule F. Un moule G est fixé à la partie inférieure de ce porte-moule. Au-dessous est un arbre *i* sur lequel est fixé un second porte-moule à cinq faces, susceptible conséquemment de recevoir cinq moules. A l'extrémité gauche de l'arbre *i* est un plateau L pourvu de cinq entailles dans lesquelles s'engage un verrou K destiné à maintenir immobile le porte-moule inférieur, pendant que celui supérieur descend sur le moule qui se trouve alors placé sous lui. Une petite came, vue figure 5, déclanche le verrou K lorsque le moulage est opéré, et l'arbre *i* se met à tourner grâce à une courroie passant sur les deux poulies à gorges Q et R, et qui à ce moment se trouve tendue à cause d'un renflement existant sur la poulie Q. Ce mouvement de l'arbre *i* a lieu jusqu'à ce que le verrou K, abandonné à lui-même, s'engage dans l'entaille suivante du plateau L.

Mais, tandis que l'arbre *i* tourne ainsi de la valeur d'un moule, le moule supérieur G remonte par l'intermédiaire du mécanisme suivant : A l'arrière de la machine se trouve un arbre O sur lequel sont calés deux leviers P et N. Le levier P, qui est au milieu, a son extrémité engagée dans une ouverture pratiquée dans le porte-moule F; le levier N, qui est à l'extrémité de l'arbre, se termine par un galet sur lequel agit

un excentrique M. Lors donc que cet excentrique force le levier N à s'incliner d'avant en arrière, le levier P s'élève en entraînant avec lui le porte-moule F.

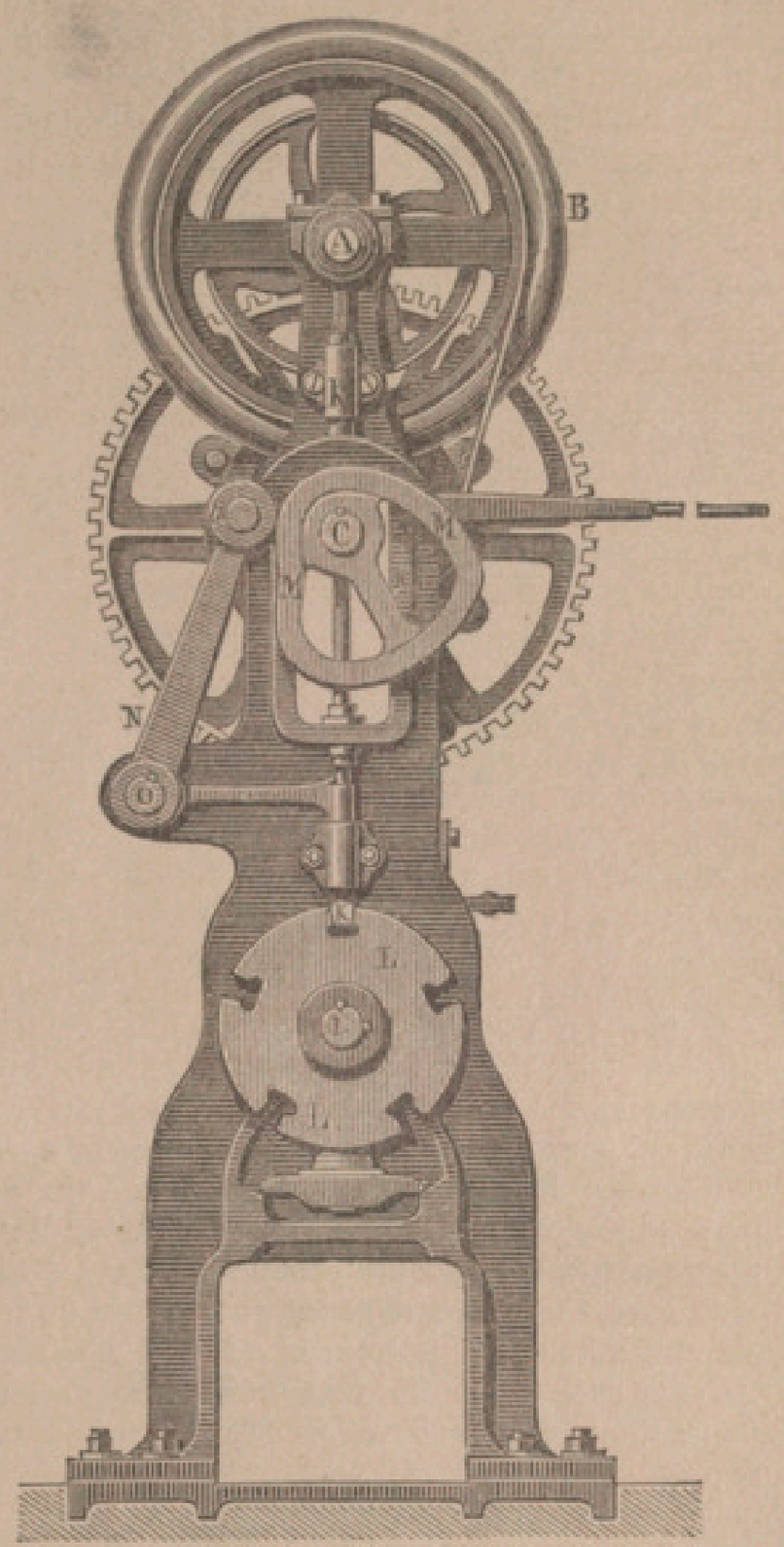


Fig. 5.

C'est pendant le temps qu'une tuile est comprimée, qu'un ouvrier met une planchette sur la tuile précédemment moulée et l'enlève, et qu'un deuxième ouvrier, placé de l'autre côté de la machine, dépose, pour une nouvelle tuile, une galette sur le moule suivant.

Les moules sont en plâtre et doivent être changés deux fois par jour.

Cette machine peut produire 4500 à 5000 tuiles par journée de onze heures.

MOULAGE EN TERRE DURE. Les meilleures machines à mouler en terre dure sont celles de MM. Boulet frères. Nous allons les décrire.

La terre, après avoir été malaxée aux cylindres broyeurs, est soumise à deux opérations successives. Dans la première, la terre est étirée sous forme de galettes; dans la seconde, ces galettes sont transformées en tuiles.

La machine à étirer de MM. Boulet frères est une machine analogue à celles à briques creuses. La terre sort par la filière sous forme de galettes excessivement dures, susceptibles d'être maniées sans crainte, et que l'on coupe à la longueur voulue pour faire les tuiles. Cette machine pèse 1200 kilog. et coûte 2000 fr. Elle peut produire par jour 6000 galettes dont chacune fournit une tuile. Il faut quatre jeunes gens de seize à dix-huit ans pour la servir.

Les galettes sont ensuite transportées à la presse, où elles sont disposées dans un moule et recouvertes du

contre moule. Des rails permettent de pousser le moule sous un plateau qu'un excentrique fait descendre et qu'un contre-poids relève, une fois l'opération terminée. Après la pression, on ramène le moule et on retire la tuile qui peut être maniée à la main sans crainte aucune de déformation. On l'ébarbe immédiatement, et on l'emporte au séchoir où elle sèche complétement en deux ou trois jours.

TULLE. Voy. *Complément.*

TUNGSTÈNE. Métal assez rare employé pour la fabrication d'un acier d'une grande dureté.

TUNNEL. *Circonstances qui nécessitent le percement d'un tunnel.* Les tunnels sont des ouvrages d'art qui ont pour but de faire franchir à un canal, à un chemin de fer ou à une route quelconque, un obstacle tel qu'une montagne, qui nécessiterait des travaux extérieurs plus dispendieux que des travaux souterrains. Ainsi, si l'on établissait un canal dans un pays très-accidenté, il serait indispensable pour gravir les collines de construire une série d'écluses et de creuser des tranchées profondes, que l'on peut éviter au moyen d'un tunnel (en supposant l'alimentation d'eau à un niveau assez élevé pour que le premier système ne fût pas impossible); s'il s'agissait d'un chemin de fer il faudrait avoir recours à un plan incliné, qui, indépendamment des dangers qu'il présente, ralentit singulièrement la marche des convois, et augmente beaucoup les frais d'exploitation. En général, lorsque, dans les grands travaux de terrassement, la tranchée atteint la profondeur de 16 à 18 mètres, on préfère établir un tunnel, parce qu'alors les frais de maçonnerie ne sont plus qu'une dépense minime comparativement à celle d'une excavation à ciel ouvert, à laquelle on est contraint de donner une largeur considérable afin que les talus se maintiennent. On cite cependant plusieurs exceptions à cette règle: en Amérique, au canal qui sert à faire écouler les crues du lac de Mexico, les tranchées atteignent quelquefois 60 mètres de hauteur. Le canal de Nantes, à Brest, à Glomel, a $22^m,50$ de profondeur en tranchée; dans certains passages, au canal de Charleroi, les déblais ont 19 mètres; au canal d'Antoing ils vont jusqu'à 24 mètres. Ces exemples ne sont imitables que dans le cas où l'on trouve un terrain ayant de la consistance, dont les talus peuvent avoir une faible inclinaison. C'est le plus souvent la sagacité de l'ingénieur qui doit décider la question. Du reste, voici une formule due à M. Vallée, qui indique la profondeur à laquelle il y a égalité d'avantages à creuser une tranchée ou à percer un tunnel:

$$P m = p l m x + p x^2.$$

x est la profondeur, p le prix du mètre cube de déblai, l la largeur du chemin de fer ou du canal, $\frac{x}{m}$ la largeur d'un des talus de la tranchée, P le prix du mètre courant de souterrain; ce prix varie évidemment suivant les terrains que l'on rencontre; en général il est de 1500 à 2500 fr. par mètre.

Formes et dimensions. Les tunnels ont des formes et des dimensions différentes suivant leur destination. Lorsqu'ils doivent servir à la circulation des bateaux, on ne donne quelquefois que la largeur nécessaire à un passage; on établit alors, le long du pied-droit de la voûte, une barre de fer horizontale à l'aide de laquelle les mariniers halent leur bateau; mais les passages rétrécis présentent souvent des entraves à la navigation, aussi le plus ordinairement on donne une largeur capable de contenir un fort bateau et un chemin de halage. Quant aux tunnels de chemins de fer, il en existe (ou plutôt il en a existé) quelques-uns, entre autres ceux de Saint-Etienne à Lyon, qui ne peuvent donner accès qu'à un seul convoi à la fois; ces dimensions restreintes sont trop dangereuses, et du reste gênent trop le service pour qu'elles soient admises malgré l'économie qu'elles présentent; aussi adopte-t-on la largeur nécessaire à la circulation de deux convois, ce qui exige $7^m,40$; encore serait-il bon de l'augmenter de $0^m,30$ pour éviter toutes chances d'accidents. La hauteur sous clef est de $5^m,50$. La forme varie nécessairement suivant la nature des terres à traverser; si elles sont susceptibles de s'affaisser et d'exercer une pression verticale, la voûte supporte seule la poussée; il suffit de donner aux pieds-droits un léger fruit et à la voûte une épaisseur convenable qui varie de $0^m,68$ à $1^m,20$. Si, au contraire, le terrain est glaiseux ou susceptible dans les saisons humides de se détremper, se gonfler et d'exercer une pression latérale, il est indispensable d'adopter pour les pieds-droits une forme courbe qui se raccorde avec la voûte et ait la même épaisseur. Il est même parfois indispensable de les réunir par une voûte renversée ou *radier*, qui vient buter à la base de chacun d'eux, et empêche qu'une trop grande pression ne les fasse glisser sur le sol, en les appliquant l'un contre l'autre, comme cela est arrivé sur le chemin de Londres à Birmingham. En France, le plein cintre a la préférence parce qu'il offre plus de solidité; en Angleterre, c'est la forme elliptique.

Travaux préparatoires. Les tunnels, pour leur exécution, exigent des travaux préparatoires: ces travaux consistent en sondages, alignements, foncements de puits et montages de machines, propres à l'extraction des déblais et à la descente des matériaux. Les sondages ont pour but de reconnaître le sol que l'on doit traverser, de voir s'il est solide ou ébouleux, à quelle profondeur se trouve la nappe d'eau souterraine; ce sont eux qui servent à régler l'épaisseur à donner à la voûte, la forme des pieds-droits, le mode de construction; en un mot à rédiger le projet. Ce projet une fois arrêté, on procède au tracé de la direction; elle a presque toujours lieu en ligne droite, non-seulement à cause de la difficulté de construction d'une courbe tracée d'avance dans des terrains ébouleux, mais aussi à cause des dangers qu'elle présenterait dans l'exploitation d'un chemin de fer où il est nécessaire de voir loin devant soi. Voici de quelle manière on procède au tracé des alignements: sur le point le plus haut à traverser, on établit un observatoire assez élevé pour apercevoir, de part et d'autre de la montagne, deux mires solidement fixées dans l'axe, à chaque extrémité de tunnel. Il faut également que l'observateur puisse planer, tant sur les obstacles naturels qui pourraient obstruer sa vue, que sur les appareils et machines qui seront établis ultérieurement à l'embouchure des puits. Cet observatoire, construit en planches, est muni d'un télégraphe afin de faire des signaux aux personnes chargées de poser les jalons. Au milieu se trouve un dé en maçonnerie, fortement assis sur le sol, de manière à ne pas éprouver de vibrations; sur ce dé on fixe exactement dans l'axe du tunnel un télescope muni de deux fils perpendiculaires l'un à l'autre; au moyen de cet instrument on place des jalons de distance en distance en les alignant de telle façon, qu'en les regardant tous de file, ils coïncident avec les mires précédemment fixées aux extrémités du tunnel; ces jalons indiquent l'axe de l'excavation et servent à établir l'emplacement des puits. Ce n'est que lorsque ceux-ci sont creusés, et par des procédés que nous indiquerons un peu plus tard, que la galerie d'écoulement est percée, que l'on reporte à l'intérieur l'alignement extérieur. Pour cela, on mène de l'observatoire un rayon visuel passant par la ligne des jalons; à l'embouchure de chaque puits on fixe une planche noire sur laquelle on trace, suivant l'indication du télégraphe, un trait blanc avec un fil à plomb; on a ainsi un point de l'axe du tunnel: de ce point on descend un poids suspendu par une ficelle que l'on fait arriver jusqu'au sommet de la galerie d'écoulement en ayant soin toute-

fois de le mettre à l'abri des oscillations causées par le vent. Cette opération est répétée pour chaque puits, de sorte que, en suspendant à chaque fil à plomb une chandelle, on a une ligne lumineuse qui indique l'axe du tunnel; cet axe est soigneusement tracé au moyen de repères placés sur la paroi supérieure de la galerie, et sert aux diverses opérations nécessaires pour fixer la direction et la largeur. Tels sont les moyens le plus généralement employés pour ces sortes de tracés. Souvent, lorsque la vue n'est pas gênée par les accidents du sol, on se dispense d'établir un observatoire et l'on se contente de simples mires alignées.

Foncement des puits. Dans tous les cas, afin de reporter à l'intérieur le tracé exécuté à la surface, et d'ailleurs, pour enlever les déblais et activer le travail, il faut creuser des puits. Si cependant le souterrain doit avoir peu de longueur, 200 à 300 mètres par exemple, ils ne sont plus nécessaires; on attaque le massif par les deux extrémités et les deux ateliers s'avancent l'un vers l'autre. Quand, au contraire, le tunnel présente une certaine longueur, on espace les puits de 200^{m} en 200^{m}, à moins que quelque obstacle ne s'y oppose. On peut également les placer dans l'axe du tunnel ou sur les côtés à quelque distance des pieds-droits. La position dans l'axe, à l'aplomb de la clef, offre l'inconvénient de charger la voûte de tout le poids du revêtement du puits et de nécessiter beaucoup de précautions pour soutenir le boisage qui maintient les terres du puits lorsque l'on commence la grande excavation; mais elle a l'avantage de servir à la ventilation, non-seulement pendant l'exécution des travaux, mais encore après leur achèvement. En effet, dans le cas d'un canal, il se dégage continuellement de la vapeur d'eau qui se cantonne au sommet de la voûte, et ne peut se dissiper si elle n'a pas d'issue. Dans le cas d'un chemin de fer, si par malheur un convoi, se trouvant arrêté par accident dans un tunnel, un dégagement abondant de vapeur venait à avoir lieu sans pouvoir s'échapper, il est à craindre que les voyageurs ne fussent asphyxiés. Or, les puits placés au sommet de la voûte pourraient produire un appel, et parer, il faut l'espérer, à un semblable malheur. Quant à leur position sur le côté, il est vrai qu'elle évite de surcharger la voûte, mais il est évident que l'effet de ces puits, comme ventilation, doit être presque nul puisqu'ils débouchent à la hauteur des pieds-droits ; et que si l'on en conserve quelques-uns après l'exécution des travaux, c'est plutôt pour faciliter les réparations ultérieures, que pour produire appel.

Quoi qu'il en soit, le foncement des puits s'effectue par les procédés suivants. Lorsque le travail a lieu dans des roches dures, on les attaque à la poudre, en faisant des havages ou cavités taillées au pic, sous le bloc que l'on veut détacher, et donnant ensuite des coups de mine qui produisent son abatage définitif. Si le sol, quoique dur, donne passage à quelque source, on ménage au fond du puits un puisard, dans lequel ces eaux se rendent et sont extraites, ainsi que les décombres, par des procédés dont il sera question plus loin. Si le terrain que l'on traverse renferme des bancs aquifères ou niveaux, on ne peut plus se contenter de faire des épuisements, parce que les sources étant très-abondantes, ils seraient coûteux, et gêneraient les travailleurs; on a recours à un cuvelage. Le cuvelage consiste en un cadre porteur, composé de fortes poutres, placé dans un terrain solide non perméable, et serré contre les parois, au moyen de coins, afin que l'eau ne puisse passer entre deux; dessus on élève une série de cadres ou une maçonnerie de briques bien rejointoyées. Le cuvelage monte jusqu'au-dessus de la couche aquifère; quand il est terminé on continue de creuser au-dessous sans être gêné par les sources. Dans le cas où le terrain à traverser est ébouleux les procédés de foncement sont différents. On fixe sur le sol un cadre dont les poutres sont engagées dans la paroi du puits; on enfonce des palplanches entre cette paroi et le cadre en leur donnant de l'inclinaison, puis on enlève la terre de l'intérieur du puits. La paroi étant ébouleuse exerce une pression sur les palplanches et les force à se rapprocher de la perpendiculaire; alors on pose un second cadre qui maintient l'extrémité des premières palplanches, et on en plante de nouvelles, en prenant les mêmes précautions jusqu'à ce que l'on arrive à la profondeur assignée. Lorsque le terrain à franchir est très-coulant, on établit à l'orifice du puits un cadre-porteur en bois ou en fonte, et l'on construit dessus, jusqu'à une faible hauteur, une tour en briques; on excave au-dessous, et la tour descend d'elle-même par son propre poids. A mesure qu'elle s'enfonce, on élève la maçonnerie. Quand les couches, plus profondes, ne sont pas assez solides pour soutenir le poids du cadre et de la maçonnerie, on y remédie au moyen de tirants en fer qui sont attachés, d'une part, au cadre inférieur, et de l'autre, au cadre supérieur qui supporte alors tout le poids du revêtement du puits et doit, par conséquent, être convenablement fixé dans le sol. Les moyens de foncement des puits que nous venons d'indiquer sommairement, sont également employés dans l'établissement des puits de MINES; aussi nous renvoyons à cet article (voy. MINES) pour plus de détail. Nous ferons seulement observer que les revêtements ne sont appliqués qu'aux puits qui doivent être conservés après l'achèvement du travail; car ceux qui servent seulement à faciliter le percement et le muraillement du tunnel sont simplement garnis de madriers et de planches pour préserver les ouvriers pendant le court espace de temps qu'ils s'en servent.

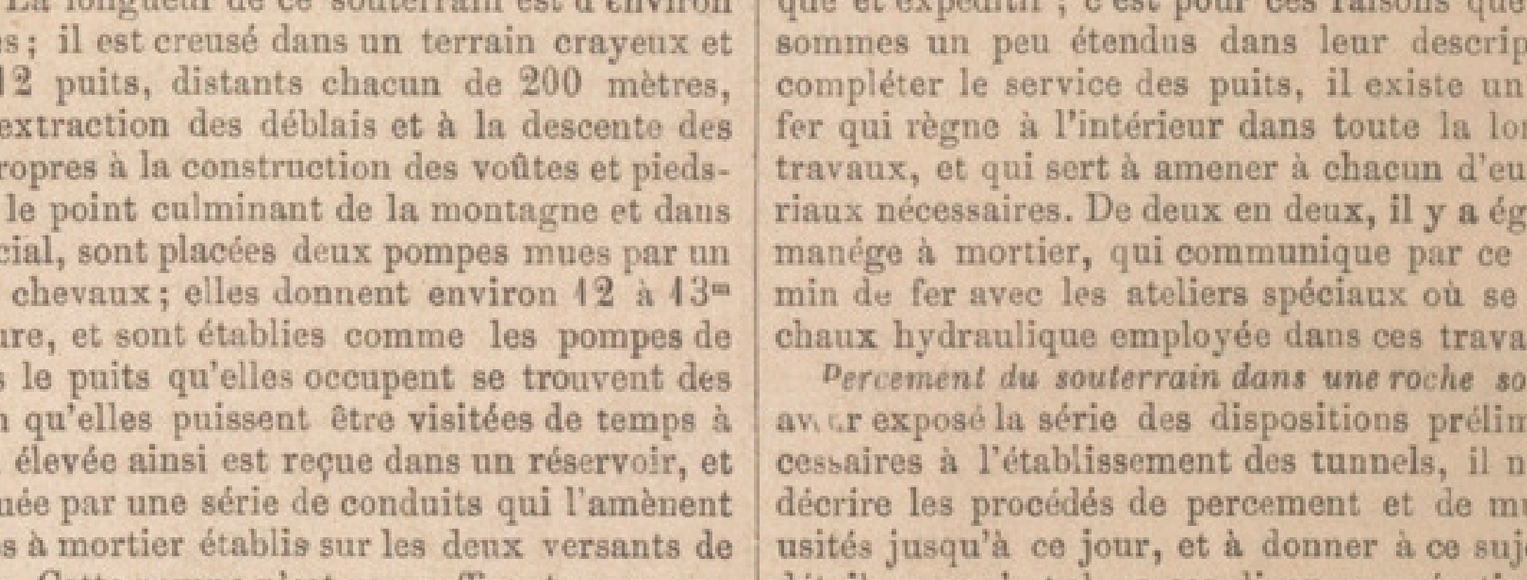
Machines d'extraction. Les machines servant à l'extraction des déblais, et aux épuisements, sont d'abord très-simples, en raison de la faible quantité de terre et d'eau qu'elles ont à monter à la surface. Celles qui servent à enlever les déblais sont le plus souvent des cabestans. Ils sont formés d'une pièce horizontale sur laquelle s'enroule la corde à laquelle sont attachées les caisses dans lesquelles on monte les déblais; des chevalets qui supportent le treuil; quatre hommes suffisent pour le manœuvrer au moyen de bras placés à ses extrémités. La caisse qui contient les déblais pèse environ 225 kilogr. toute chargée; on lui donne une forme telle qu'elle puisse être placée sur un chemin de fer et déchargée facilement. Il est de la plus grande importance qu'elle ne puisse pas se détacher, car en tombant elle blesserait les ouvriers; pour éviter ces accidents on se sert de crochets munis de ressorts qui rendent tout glissement de l'anneau impossible. Les eaux sont enlevées au moyen de tonnes suspendues un peu au-dessous de leur centre de gravité, de façon qu'elles peuvent basculer facilement lorsqu'elles sont arrivées à jour, et pour empêcher qu'elles ne déversent pendant leur ascension, elles sont maintenues par un crochet que l'on enlève quand on veut les vider. Elles viennent se remplir dans le puisard que l'on a ménagé au fond de l'excavation. Dans le cas où l'eau arrive abondamment dans le puits, ce moyen d'épuisement est insuffisant; il faut avoir recours aux pompes qui sont employées dans les mines et dont il a été question à l'article MINES.

Percement des galeries. Lorsque les puits ont été foncés on s'occupe du percement de la galerie souterraine, qui doit les mettre en rapport et servir au tracé de l'axe ou à l'écoulement des eaux, lorsque l'on se trouve dans des bancs aquifères. Cette galerie s'exécute exactement comme les galeries de mines. On lui donne environ 1^{m},30 à 1^{m},40 de hauteur, 0^{m},78 à 1^{m} de largeur en plafond, et 1^{m},20 à 1^{m},30 à la base. A mesure que les ouvriers s'avancent, ils boisent le terrain, s'ils le jugent nécessaire, au moyen de cadres, si le sol ne pousse pas trop, et au moyen de simples cadres placés de mètre en mètre, avec des madriers, si les couches que l'on tra-

verse sont ébouleuses. Sur le sol de la galerie on établit un chemin de fer, qui porte les petits wagons à l'aide desquels on extrait les déblais. Ces chemins de fer sont formés de fer plat mis de champ, maintenu au moyen de coins en bois dans les traverses. Cette disposition permet d'établir facilement la voie, de la réparer promptement en cas de dégradation, et d'utiliser le fer quand le travail est achevé. Dans les circonstances où la galerie longitudinale sert d'égout, c'est-à-dire a pour but l'écoulement des eaux et des déblais, on ménage dans le sol une rigole de $0^m,50$ à $0^m,60$ de profondeur, que l'on recouvre d'un plancher sur lequel on établit la voie ferrée.

Aménagement des travaux. Les terres provenant de cette galerie peuvent encore être extraites, à la rigueur, au moyen de machines, et par les procédés que nous avons indiqués plus haut ; mais lorsque l'on en vient à l'abattage en grand, c'est-à-dire lorsque l'on attaque le massif dans toute la largeur du tunnel, elles ne peuvent plus suffire. C'est à cette époque que l'on établit les cabestans à chevaux, manéges à mortier, et tous les appareils nécessaires au boisage et au muraillement du tunnel. Pour donner une idée de l'ensemble et de l'aménagement de ces travaux préparatoires, qui précèdent le percement réel du tunnel et qui sont une des conditions importantes pour la bonne exécution du travail, nous allons exposer les dispositions adoptées au souterrain de Billy-la-Montagne, sur le canal de l'Aisne à la Marne. La longueur de ce souterrain est d'environ 2.400 mètres ; il est creusé dans un terrain crayeux et aquifère : 12 puits, distants chacun de 200 mètres, servent à l'extraction des déblais et à la descente des matériaux propres à la construction des voûtes et pieds-droits. Vers le point culminant de la montagne et dans un puits spécial, sont placées deux pompes mues par un manége à 4 chevaux ; elles donnent environ 12 à 13^m cubes à l'heure, et sont établies comme les pompes de mines. Dans le puits qu'elles occupent se trouvent des échelles, afin qu'elles puissent être visitées de temps à autre. L'eau élevée ainsi est reçue dans un réservoir, et de là distribuée par une série de conduits qui l'amènent aux manéges à mortier établis sur les deux versants de la montagne. Cette pompe n'est pas suffisante pour enlever toute l'eau qui arrive dans les chantiers, mais le surplus se rend dans la rigole de l'égout, qui a $0^m,50$, et s'échappe par l'une et l'autre tête du souterrain. Elle fournit du reste assez pour qu'à tout instant, et dans tous les chantiers, on en ait constamment une quantité suffisante. Chaque puits est muni d'un cabestan à chevaux, disposé à peu près de la façon indiquée figure 2518 : A, est une pièce en bois servant à maintenir l'axe autour duquel s'enroule la corde, et auquel sont attachés les chevaux au moyen des flèches B ; C est le tambour ; il a $2^m,80$ de diamètre et une hauteur de $0^m,80$ environ. Aux extrémités se trouvent des rebords qui empêchent la corde de glisser de haut en bas ; au milieu, une bande parallèle aux bases sépare la corde montante et la corde descendante. D, est l'axe autour duquel se trouve un frein composé de deux segments, qui se manœuvrent au moyen d'un levier. Ce frein est utile à la descente des matériaux, dans le cas où la charge montante est moins lourde que la charge descendante. G, G, sont des poulies de renvoi. F, sont les poulies qui supportent directement la charge ; elles sont en fonte. Les puits sont divisés en deux compartiments, afin que les bennes ou tonneaux servant à l'enlèvement des déblais ne se rencontrent pas. Elles ont la forme de caisses évasées, munies aux quatre coins de crochets qui reçoivent les chaînes en fer par lesquelles on les attache au câble. Dans le souterrain, on les conduit jusqu'au puits en les plaçant sur une sorte de camion qui roule sur un chemin de fer. Arrivée au-dessus du puits la benne est enlevée au moyen de la corde, et lorsqu'elle arrive à la surface on amène sur l'orifice du puits une plate-forme roulante qui le recouvre. Cette plate-forme porte une voie ferrée sur laquelle se trouve un chariot. On fait descendre la benne, mais cette fois-ci on la suspend, au moyen d'axes en fer placés un peu au dessous du centre de gravité, à deux montants faisant partie du chariot. Afin qu'elle ne verse pas, on la maintient avec un crochet en fer. Cette opération faite, on ramène la plate-forme roulante dans sa première position, on conduit le chariot sur le chemin de fer jusqu'au lieu de départ, et on vide la benne en la faisant pivoter autour de son axe. Ce mode de transport des déblais est économique et expéditif ; c'est pour ces raisons que nous nous sommes un peu étendus dans leur description. Pour compléter le service des puits, il existe un chemin de fer qui règne à l'intérieur dans toute la longueur des travaux, et qui sert à amener à chacun d'eux les matériaux nécessaires. De deux en deux, il y a également un manége à mortier, qui communique par ce même chemin de fer avec les ateliers spéciaux où se fabrique la chaux hydraulique employée dans ces travaux.

Percement du souterrain dans une roche solide. Après avoir exposé la série des dispositions préliminaires nécessaires à l'établissement des tunnels, il nous reste à décrire les procédés de percement et de muraillement usités jusqu'à ce jour, et à donner à ce sujet quelques détails, car c'est dans ces diverses opérations que surgissent les difficultés. Si le terrain est solide, on attaque le tunnel par les deux extrémités, en établissant deux chantiers qui vont à l'encontre l'un de l'autre ; ou bien, si le tunnel est pressé, comme dans les circonstances d'un tunnel de chemin de fer, on creuse des puits à différentes distances et l'on multiplie les chantiers. L'abattage de la roche se fait de la manière suivante : on divise le massif en gradins afin que les ouvriers puissent

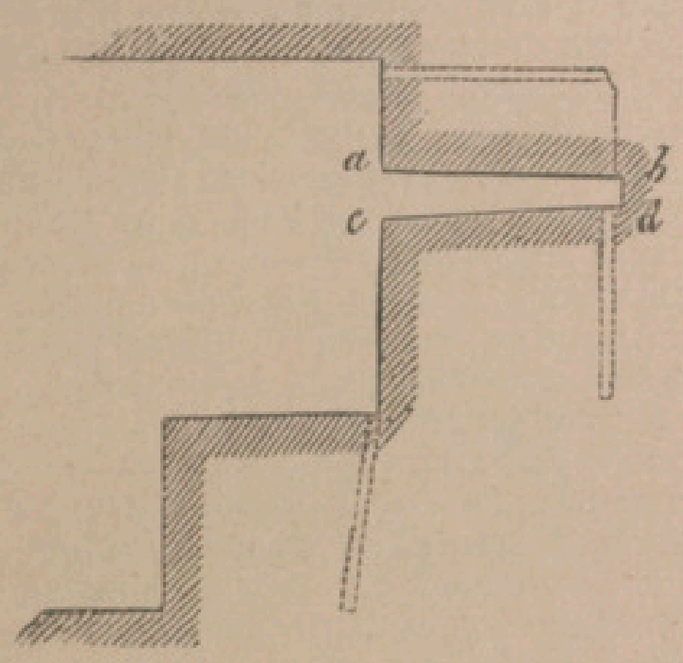


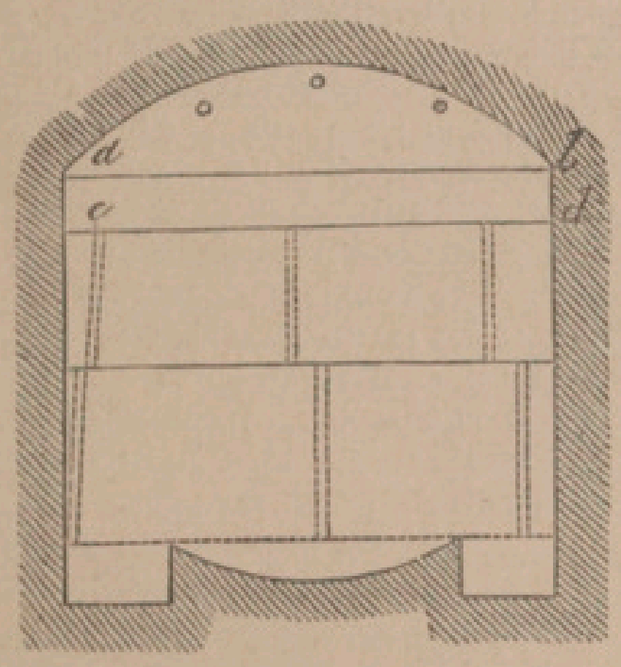
2518.

travailler à différentes hauteurs et en grand nombre. Ordinairement pour une galerie dont la hauteur est de 5 mètres, on établit huit niveaux différents. On entame le gradin supérieur au moyen d'un havage, *a b c d*, ou cavité faite au pic ou à la pointerolle (fig. 2519 et 2520), puis avec un fleuret on perce trois ou quatre coups de

mine, suivant la hauteur de la roche ; il en est de même pour les autres gradins, mais on peut se dispenser de faire un havage, parce que le massif se trouve débité sur plusieurs faces. Lorsque les trous de mine ont atteint 1 mètre de profondeur au plus, on les charge avec une cartouche, puis on y met le feu avec des mèches soufrées, afin que les ouvriers aient le temps de se retirer et d'éviter les éclats provenant de l'explosion. Tous les coups de mine doivent être tirés à la même époque, lorsqu'un atelier vient en relever un autre ; de cette façon on évite beaucoup d'accidents.

2519.

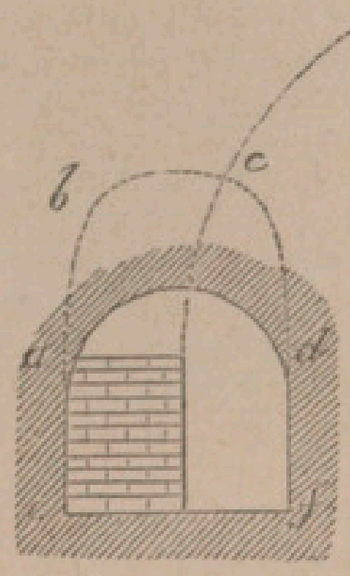




2520.

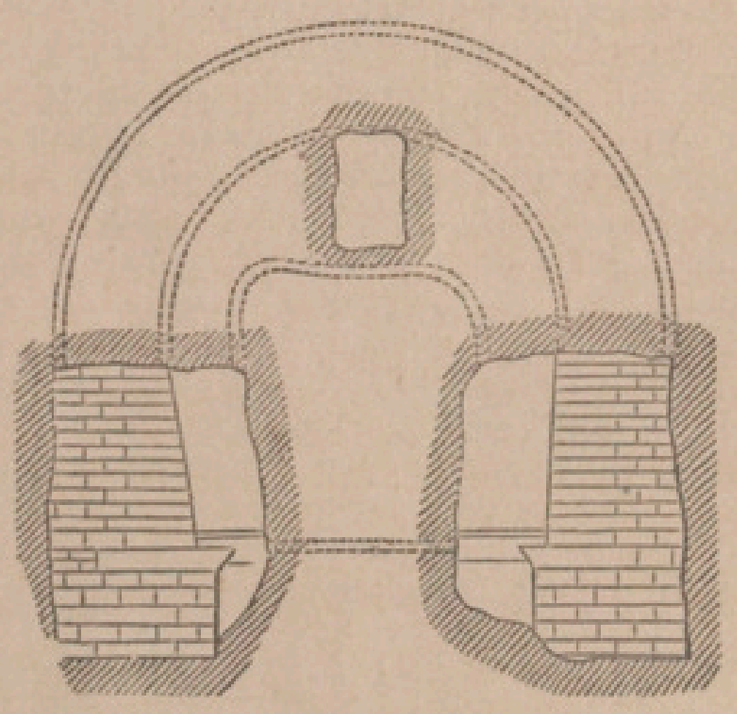
Le revêtement ne se fait que lorsque la roche est fissurée et n'offre pas assez de sécurité dans certains passages, ou bien dans le cas où elle vient à se déliter au contact de l'air, comme cela est arrivé aux souterrains du canal de Saint-Quentin, de Rolleboise et de Terre-Noire. Alors il n'offre aucune difficulté, puisque les terres se soutiennent d'elles-mêmes ; mais ces circonstances sont assez rares. Le plus souvent l'on rencontre des terrains qui sont éboulueux. Voici les moyens qui ont été mis en usage, en parlant d'abord des plus anciens et des moins parfaits.

Percement dans un terrain sans consistance. Au canal de Saint-Quentin on commença par construire les pieds-droits, puis une suite de voûtes que l'on raccorda les unes avec les autres Ainsi on fonça des puits de chaque côté du souterrain, en les conduisant jusqu'au niveau où devaient se trouver les pieds-droits; de l'un à l'autre et de chaque côté de l'axe l'on creusait une galerie boisée ou non, suivant la nécessité, on lui donnait la hauteur du pied-droit, que l'on établissait de suite. Lorsque cette construction était achevée de chaque côté, on perçait une galerie transversale faisant communiquer entre elles les deux premières ; le ciel de cette nouvelle galerie était soutenu par des boisages d'abord, et remplacé ensuite par une voûte en moellons qui reposait sur la maçonnerie déjà faite. Lorsque cette manière de procéder ne réussissait pas, on creusait (fig. 2521) une galerie *a b c d*, au-dessus de la première, dans laquelle se trouvaient construits les pieds-droits, et dont on comblait les vides au moyen des déblais de celle qui lui était supérieure. Cette nouvelle galerie servait à l'établissement d'une première portion de voûte. Quand celle-ci était achevée, on en construisait une seconde de la même manière, et des deux côtés, jusqu'à ce qu'on arrivât à la clef. Cette méthode a parfaitement réussi, mais elle est très coûteuse ; aussi au canal de Bourgogne s'y est-on pris un peu différemment. Après avoir creusé les puits, on perçait successivement trois galeries. Deux de chaque côté, ayant 3 mètres de large sur $2^m,50$ de hauteur, devaient servir à la construction des pieds-droits jusqu'aux naissances ; la troisième, ayant 2 mètres de hauteur sur $1^m,50$ de large, fut établie au sommet de la voûte, un peu au-dessous du revêtement en maçonnerie, comme on peut le voir dans la fig. 2522.



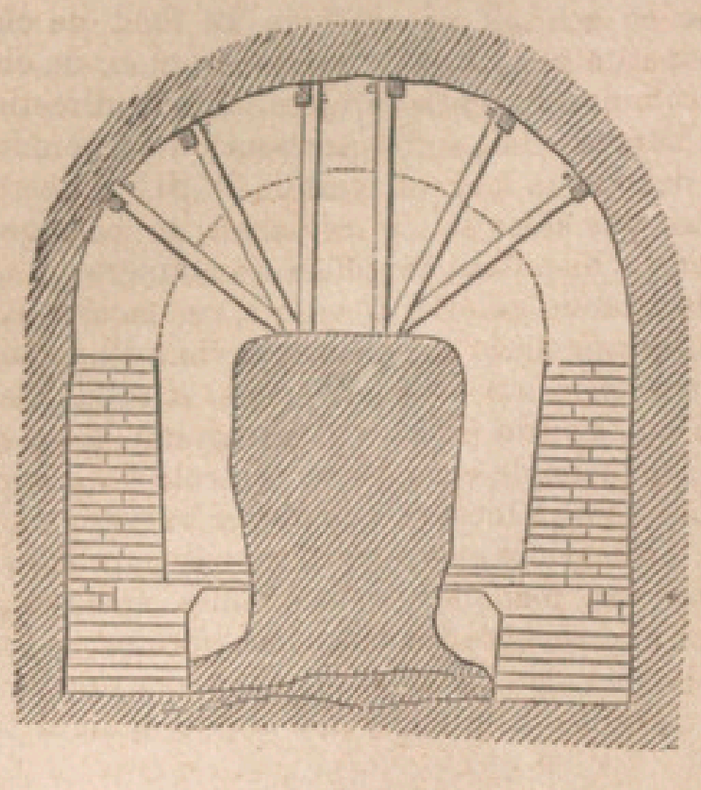
2521.

2522.

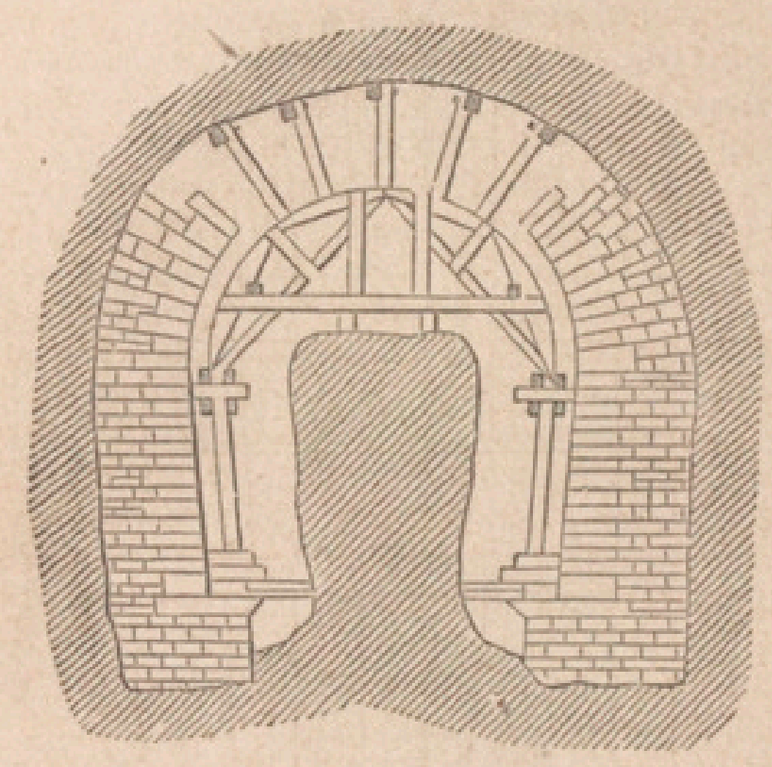


C'est par cette galerie qu'on se débarrassa des déblais provenant de l'abattage des couronnements et des galeries supérieures, opération qui vint immédiatement après l'élévation des pieds-droits jusqu'aux naissances. Afin que les terres ne s'éboulassent pas, il a suffi de les maintenir au moyen de longrines soutenues elles-mêmes par des pièces de bois placées en éventail, et venant buter contre le massif du milieu (fig. 2523). L'excavation avait alors plus de 5 mètres de diamètre. Ces supports n'étaient que provisoires, et on y substituait bientôt des étais distants de 5 mètres entre eux, sur lesquels on posait des couchis. On y fixait aussi de nouveaux étais disposés de la même façon que les premiers, mais plus courts, comme il est indiqué dans la figure 2524. A mesure que l'on avançait dans la construction de la voûte, on retirait un étai que l'on remplaçait par de la maçonnerie, dont l'épaisseur variait

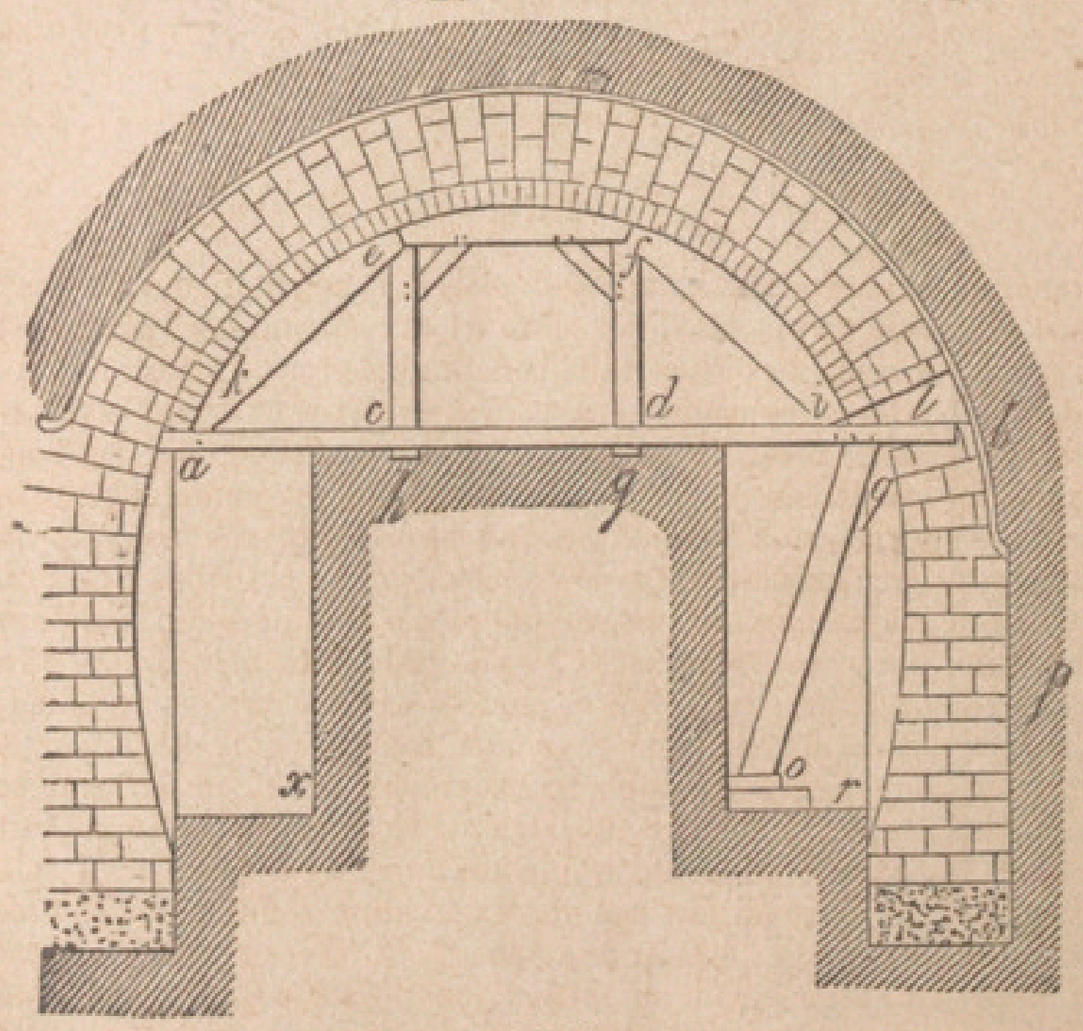
TUNNEL.



2523.



2524



2525.

ver beaucoup plus de terre qu'il n'était nécessaire à son épaisseur, on comblait les espaces vides avec des matériaux de remplissage. Lorsqu'elle était achevée, il ne restait plus qu'à abattre le massif intérieur, qui était d'ailleurs déjà recoupé par des galeries transversales faisant communiquer une galerie avec une autre.

Les méthodes que nous venons de décrire étaient usitées autrefois, mais depuis l'établissement des chemins de fer on en a imaginé une toute opposée, plus expéditive et plus économique, qui est généralement adoptée maintenant, et qui a été employée au souterrain des Batignolles. Elle consiste à établir la voûte d'abord, puis à construire les pieds-droits postérieurement par des procédés qui varient peu d'un tunnel à l'autre.

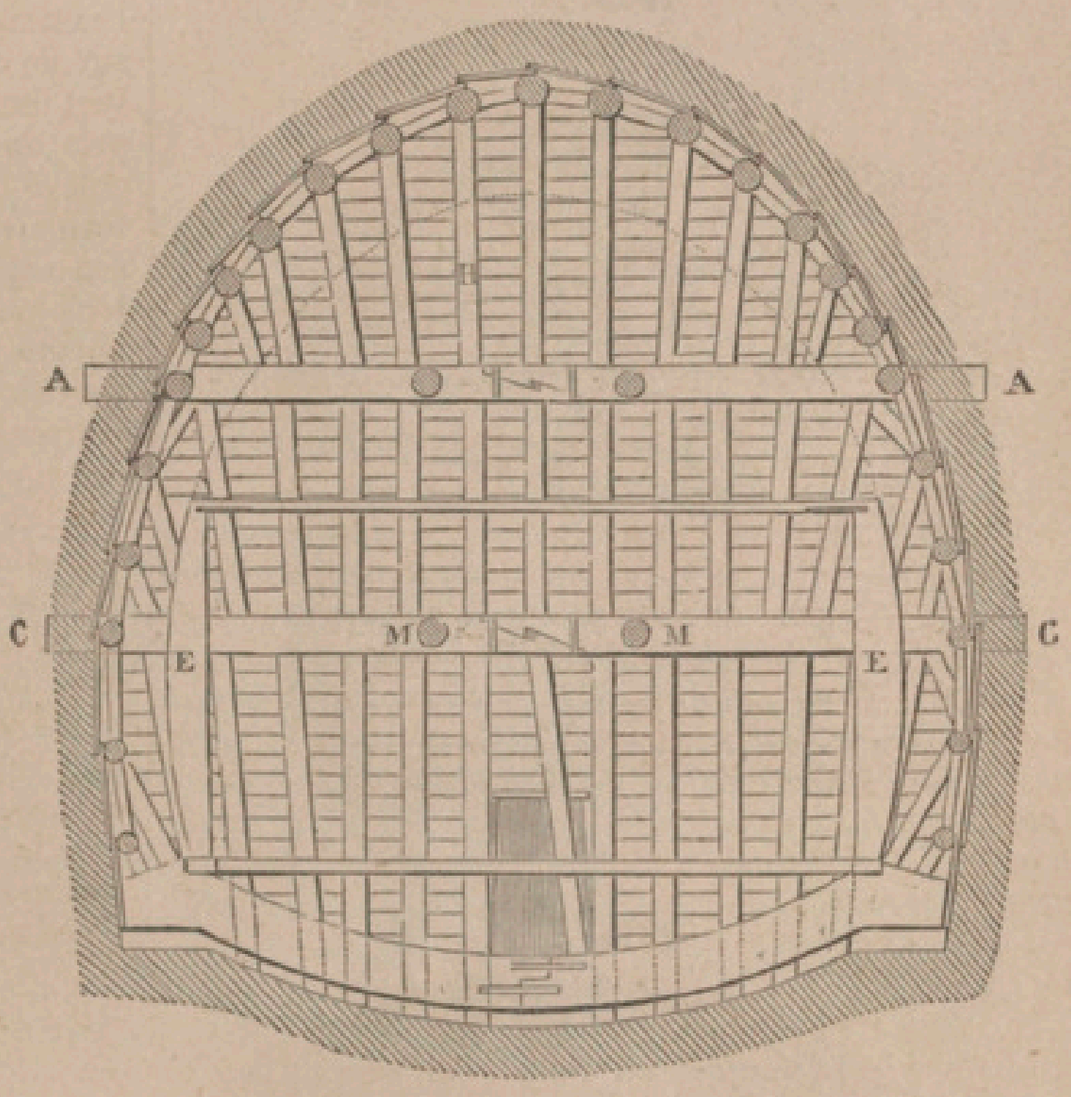
On commence par foncer des puits de 100 en 100 mètres, on les fait communiquer par une galerie qui vient les couper normalement, un peu au dessous du point où se trouvera la clef plus tard. C'est au moyen de cette galerie dont on maintient le toit et les côtés par des cadres et des madriers que l'on fait arriver les déblais jusqu'aux puits par lesquels ils sont enlevés à l'extérieur; on se sert pour cela de chariots roulant sur un chemin de fer. Quand le souterrain est ainsi ouvert dans toute sa longueur, entre deux châssis, à peu près au milieu de l'intervalle séparant deux puits, on enlève la terre des côtés en donnant à l'excavation la forme et les dimensions que devra avoir la voûte avec son revêtement. On maintient le ciel avec des étrésillons placés en éventail et reposant sur une semelle. Quand il est suffisamment soutenu, on enlève les châssis et tous les étais que l'on remplace à mesure par des cintres (fig. 2525); ces cintres sont composés d'un cadre reposant sur deux madriers *h*, *g*; de deux moises doubles prenant les pieds du cadre auquel elles sont boulonnées. La pièce transversale supérieure, consolidée par deux goussets, a la même forme que l'intrados de la voûte, et reçoit des couchis de $0^m,20$ d'épaisseur. Pour former le reste on fait usage de vaux *i* et *k* ayant $0^m,54$ d'épaisseur en leur milieu : ils s'assemblent d'une part sur le cadre, de l'autre avec les semelles *a b*. Aux extrémités des semelles on place un coin sur lequel s'appuie la retombée de la voûte; la surface de ce coin est inclinée suivant un des rayons. Les cintres une fois en place on passe de suite à la construction du revêtement que l'on entame de droite et de gauche en marchant vers la clef. Lorsque l'on arrive à ce point on ne place pas les couchis parce que les maçons seraient trop gênés; on se sert de morceaux de bois taillés en queue d'hironde s'appuyant sur les deux couchis voisins. L'ouvrier les pose à mesure qu'il se retire en arrière. Le ciel de l'excavation est étayé au moyen de poutres placées debout, que l'on cale sur les couchis des cintres, et que l'on enlève à mesure que la maçonnerie avance. Celle-ci une fois achevée, le travail n'offre plus de danger puisque le ciel est maintenu; on s'occupe alors de l'élévation des pieds-droits. Voici comment cette opération s'effectue : on enlève le massif *d o r q* en laissant cependant un appui pour l'extrémité des semelles *a b*, puis on soutient cette semelle à l'aide d'une pièce *o q* que l'on serre avec des coins placés en *c* et dirigés dans un sens opposé l'un à l'autre. Lorsque la voûte est soutenue, au droit des fermes, par le massif de terre *h g o x*, les étais *o q*, et dans l'intervalle de ces fermes par les couchis, on enlève le massif *r g b p* et l'on construit le piedroit avec rapidité jusqu'aux couchis que l'on détruit par parties et que l'on remplace par une assise en moellons; les coins sont ensuite enlevés et les cavités qui

suivant la résistance du terrain. Le tout était recouvert d'une chape en mortier, afin que l'eau ne pénétrât pas. Comme pour construire la voûte on était obligé d'enle-

renferment l'about des semelles sont bouchées. Ce travail termine le muraillement et il ne reste plus qu'à enlever le massif du milieu, ce qui se fait avec la plus grande facilité au moyen de voies de fer.

Au souterrain de Billy-la-Montagne et dans ceux que l'on perce actuellement sur le chemin de Paris à Strasbourg, on commence également par construire la voûte et l'on fait ensuite les pieds-droits, mais les procédés sont un peu plus simples. Au souterrain de Billy on soutient le ciel par un boisage provisoire; les cintres qui le remplacent sont formés de quatre parties, ayant la forme de voussoirs; elles s'assemblent les unes avec les autres au moyen de coins que l'on enfonce dans des entailles ménagées dans les pièces en contact; leur montage et démontage est ainsi très facile et l'on a néanmoins toute la solidité désirable. Quant aux pieds-droits ils se construisent en enlevant portion par portion le massif qui soutient la retombée de la voûte et remplaçant chaque partie excavée par de la maçonnerie.

Percement dans un terrain éboulеux et aquifère. Jusqu'ici nous avons bien supposé que le terrain était éboulеux, mais nous n'avons pas considéré le cas où l'on était en outre gêné par les eaux; c'est alors que le percement est difficile et demande la plus grande habileté. Un tunnel dans ces circonstances est au niveau de la nappe d'eau ou au-dessous. Si les eaux se trouvent à la hauteur de l'excavation, on ouvre une galerie dans l'axe du souterrain, en la boisant à mesure que l'on avance et la poussant jusqu'aux deux têtes afin d'avoir un écoulement. On la creuse également jusqu'à ce que l'on ait abaissé la nappe au-dessous du fond du souterrain. Si les eaux sont plus élevées que l'extrados de la voûte on ne place plus la galerie ou égout dans l'axe, car elle trancherait le ciel de l'excavation et rendrait le travail très dangereux; il est nécessaire dans ce cas de l'établir sur le côté, parallèlement à la direction là où l'eau est la plus abondante. Dans ce cas comme dans le précédent, on se débarrasse des sources en approfondissant la rigole jusqu'au-dessous de l'emplacement futur des pieds-droits et en perçant des boyaux de communication qui servent à l'enlèvement des déblais et à l'approche des matériaux. Les puits sont foncés à l'aplomb de la galerie dont on recouvre le fond avec un plancher en ménageant toutefois une rigole. Tels sont les procédés généraux en usage lorsque l'on est gêné par la poussée des terres et l'envahissement des eaux; pour mieux faire comprendre leur application nous allons prendre deux exemples : ceux de Bleckingley et de Saltwood au chemin de fer de Londres à Douvres. Ces tunnels étant creusés dans une argile qui se gonflait et occasionnait parfois une poussée considérable, il fut jugé nécessaire de construire un radier ou voûte renversée qui réunît les pieds-droits à leur base et empêchât leur glissement l'un contre l'autre. Mais à cause de cette circonstance, ce percement ne s'effectua pas par les procédés analogues à ceux que nous avons décrits jusqu'à présent. En outre on fit en briques le revêtement dont l'épaisseur varie de $0^m,57$ à $0^m,915$. Voici comment on s'y prit. Les puits ayant été foncés et boisés sur toute la ligne, on creusa l'égout à travers la colline au bas du tunnel, de façon que les eaux s'écoulassent par la pente naturelle du pays. Le terrain était soutenu au moyen de cadres distants de 1^m, formés de pièces de bois rondes de $0^m,115$ environ, s'assemblant à tenons et mortaises en haut dans un chapeau, en bas dans une semelle ou patin. Le plafond et les parois latérales étaient garnis de planches épaisses bien ajustées, et farcies de paille afin d'éviter que le sable ne coulât et n'occasionnât des tassements. Quand le terrain fut convenablement asséché au moyen de ce conduit on pratiqua au fond de chaque puits une petite galerie de $3^m,66$ de longueur de chaque côté, au sommet du tunnel projeté, dans la direction de l'axe : la hauteur était suffisante pour qu'un homme pût s'y tenir debout, la largeur était de $0^m,915$. Si cette galerie n'était pas assez solide on faisait un boisage provisoire, en le disposant toutefois de manière qu'il pût servir à la grande galerie. Ceci fait, on encastrait dans des entailles une pièce de bois s'appuyant d'une part au fond de la galerie, sur un pied vertical et solide, de l'autre sur le boisage du puits. On élargissait la galerie à droite et à gauche de cette pièce centrale de couronnement et on posait à mesure des pièces parallèles à cette dernière; l'intervalle entre deux pièces parallèles était rempli par des planches transversales épaisses, très serrées les unes contre les autres et garnies de paille. Lorsque le ciel de l'excavation était convenablement soutenu, on enlevait la terre peu à peu, mais il fallait



2526.

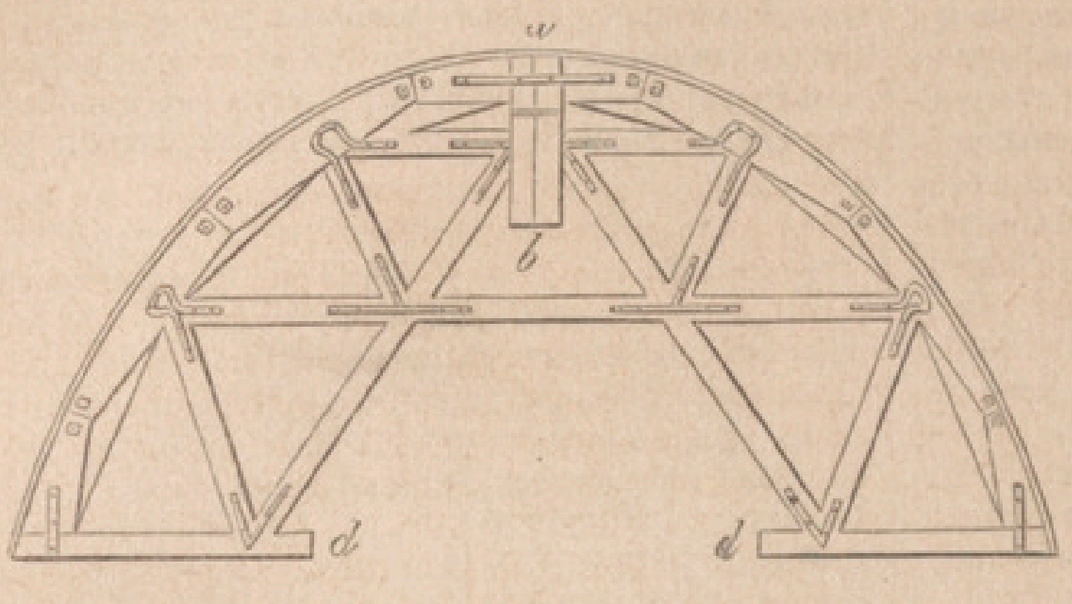
supporter les abouts des pièces de couronnement; pour cela on plaçait sur le sol une forte semelle AA (fig. 2526) formée de pièces de bois assemblées par un trait de Jupiter et consolidées avec des équerres en fer. Cette semelle recevait des poutres placées debout qui supportaient les pièces de couronnement et remplaçaient la terre qui s'éboulait, si le terrain était très mauvais ou garnissait le front de l'excavation de planches que l'on maintenait au moyen de pièces inclinées qui venaient buter contre elles. Chaque étai était bien dressé afin qu'il fût plus solide et cloué à sa base sur les semelles, assez fortes pour supporter tout le poids de la partie supérieure. Des bois transversaux M, M, maintenaient les semelles entre elles. Quand la galerie supérieure était achevée de la façon que nous venons d'indiquer il fallait faire au-dessous une excavation semblable à la précédente et établir une base C, C. On ouvrait alors un passage étroit au milieu, on posait de suite des étais provisoires reposant sur des planches; et on les remplaçait ensuite par les étais définitifs s'appuyant sur la base C, C. Enfin on faisait une troisième trouée par les mêmes procédés, seulement le blindage s'appuyait sur

TUNNEL.

le sol ayant exactement la forme du radier, ce que l'on obtenait au moyen d'un gabari. Pour donner au tunnel exactement les formes et les dimensions arrêtées, on employait un fil à plomb suspendu au sommet de la galerie et portant des nœuds de $0^m,30$ en $0^m,30$; à chaque nœud correspondait un fil horizontal dont la longueur fixée d'avance sur l'épure, indiquait la quantité de terre à enlever. On tenait compte cependant de l'épaisseur des planches interposées entre la paroi et le boisage.

Pour exécuter le muraillement ou revêtement on construisit d'abord la voûte renversée en faisant usage du gabari représenté fig. 2526. Il devait servir de guide aux maçons, était en bois, et avait exactement la courbure du radier dont l'épaisseur était de $0^m,30$. A Saltwood, les briques étaient taillées, à Bleckingley elles furent faites exprès. Pour construire les pieds-droits avec la forme indiquée sur l'épure, on employa encore un gabari, composé de deux pièces E, E, ayant l'inclinaison voulue; ces pièces de $0^m,75$ de large s'assemblaient sur le gabari du radier et étaient maintenues dans leur écartement au moyen des traverses G, G, auxquelles elles étaient fixées à l'aide d'une fourchette et d'un boulon. A mesure que le muraillement avançait on enlevait le boisage qui n'était plus utile; les vides entre la paroi et le mur étaient exactement remplis, afin d'éviter la force vive que peuvent acquérir les terres en s'éboulant sur le revêtement, et qui occasionnent quelquefois de graves accidents. Les pieds-droits étant élevés à la hauteur convenable on plaçait le cintre qui devait supporter la voûte en construction. Il se composait de deux segments a, b (fig. 2527), réunis à leur sommet au moyen de coins; les vaux étaient faits avec de forts madriers réunis deux à deux par des boulons : les semelles d, d', reposaient sur une base dont les abouts étaient encastrés dans les pieds-droits et soutenue de distance en distance par des étais verticaux. Entre la base et les semelles d, d', on intercalait des coins, afin de pouvoir faire monter cette charpente au niveau convenable. Le cintre une fois posé, la maçonnerie se continuait facilement, attendu que chaque brique était taillée d'avance; il n'y avait plus qu'à veiller à ce que le projet fût exactement exécuté. A mesure que le revêtement avançait, on reculait les pièces d'étais horizontales de couronnement que l'on faisait servir à la division suivante, en les appuyant, partie sur la maçonnerie déjà exécutée, partie sur les étais qui servaient à maintenir le ciel du chantier voisin. Chaque portion muraillée avait 3 à 4 mètres de longueur; c'était ce qu'on appelait une division. La division que l'on attaquait à côté avait les mêmes dimensions; deux chantiers marchaient en sens contraire de part et d'autre du puits.

Au souterrain de Saltwood, au lieu de faire usage des cintres précédents on s'est servi d'un système de cintres roulants que l'on pouvait, à l'aide d'un chemin de fer, transporter d'un chantier à un autre. Cet appareil mobile est plus économique que les charpentes ordinairement en usage, et exige peut-être moins de main-d'œuvre; il laisse plus d'espace libre aux ouvriers et permet d'attaquer la roche à la poudre; mais si le terrain pousse, ou présente peu de consistance, il n'est pas assez solide. En général, on préfère employer des cintres plus forts qui présentent plus de garanties pour la sûreté des ouvriers et la bonne exécution du travail; mais il est indispensable qu'ils joignent à la force une grande facilité dans le montage et le démontage. Ce sont ces qualités que M. Telfort a su réunir dans ceux qu'il a imaginés pour le tunnel d'Harecastle, sur le canal de Trent et Mersey. Cet habile ingénieur avait fait creuser, sur la longueur du tunnel, quinze puits de 40 à 50 mètres de profondeur. Pour atteindre le fond de l'excavation projetée, au bas de chaque puits on avait établi un atelier : deux autres occupaient les extrémités, on attaquait d'abord l'emplacement des pieds-droits, puis on excavait toute la section en montant immédiatement les cintres. Ils étaient en fonte, formés de seize pièces, ayant la forme de voussoirs et s'assemblant l'une avec l'autre, au moyen de boulons, ce qui permettait de les faire descendre facilement par les puits et de les monter avec promptitude. Au point où la voûte commençait, le cintre formait une échancrure et avait un rayon moins grand, afin de recevoir les madriers ou vaux, qui supportent la maçonnerie. Les parois de l'excavation étaient soutenues par des étais butés d'abord contre les cintres, puis contre les madriers qui étaient placés aussitôt que deux cintres étaient ajustés.



2527.

Jusqu'ici nous avons supposé que les terrains à traverser se soutenaient encore un peu d'eux-mêmes et que l'on pouvait se débarrasser de l'eau qui affluait dans les chantiers. Cependant, il est certaines circonstances où les couches, que l'on est contraint de franchir, sont meubles, et, pour ainsi dire, fluides; et où enfin l'on est obligé de travailler sous une nappe d'eau. C'est ce qui est arrivé au percement du tunnel de la Tamise : sans décrire les travaux de ce magnifique ouvrage nous allons parler des procédés qui ont été mis en usage dans ces circonstances, parce qu'ils peuvent recevoir d'utiles applications dans des constructions moins importantes et sur une plus petite échelle. Ce travail fut commencé en 1824. Les sondages que l'on fit alors apprirent qu'il existait au-dessous de la Tamise une couche d'argile, qui permettait de tenter le passage au-dessous du fleuve, mais que plus bas il existait un banc de sables aquifères qui n'avait pas moins de 15 mètres. Il fallait donc se tenir entre ces deux couches et éviter, d'une part, l'invasion de l'eau, produite par la rupture de la couche protectrice, de l'autre, le banc de sable dans lequel il aurait été impossible de s'établir à cause de son peu de consistance et de sa perméabilité. A 35 mètres du fleuve, on creusa un puits de 16 mètres qui devait conduire à l'entrée du tunnel. Pour le murailler, on établit sur un cercle en fonte une tour en briques de $0^m,90$ d'épaisseur, on enleva le terrain placé dessous avec de grandes précautions, et on la fit descendre petit à petit, jusqu'à 10 mètres; à cette profondeur, on rencontra une couche solide et l'on put murailler directement; à 20 mètres, on retrouva encore les sables, et l'on fut contraint de construire une nouvelle tour que l'on descendit jusqu'à 8 mètres, et qui devait servir de puisard. Pour percer la galerie, les procédés ordinaires n'étaient pas applicables, en raison de la grandeur de

l'excavation, qui devait avoir 10 mètres de largeur sur 6m,30 de hauteur, et de la mauvaise qualité du sol. M. Brunel imagina alors un appareil appelé bouclier. Il consiste en douze châssis en fonte placés l'un à côté de l'autre; chaque châssis, divisé en trois compartiments, formant trois étages, contenant chacun un ouvrier; il est buté contre la maçonnerie, déjà faite, au moyen de vis de pression, qui servent à le faire avancer quand il le faut. Le terrain est maintenu en haut, et latéralement, par des planchettes s'appuyant sur les châssis. Quand un ouvrier veut excaver, il desserre la vis qui retenait chaque planchette contre le terrain et enlève 0m,20 de terre environ. Cela fait, il replace la planche contre la paroi de l'excavation et la maintient de nouveau au moyen de la vis. Lorsque tous les ouvriers ont excavé 0m,20 dans toute la hauteur, on fait avancer les cadres, au moyen des grandes vis de pression appuyées contre la voûte faite, et l'on effectue le muraillement partiel. Un chariot sert à amener les matériaux et à enlever les déblais. Malgré de nombreuses difficultés on avança d'abord de 160 mètres en dix-huit mois; mais lorsque l'on arriva vers le milieu du fleuve, la couche d'argile devint si mince qu'elle ne put empêcher les infiltrations; il se forma même un entonnoir, dans lequel s'élança l'eau du fleuve qui envahit les travaux. Pour combler le trou il fallut jeter dans le lit du fleuve 3000 mètres cubes d'argile, qui formèrent une couche résistante et permirent, à l'aide d'épuisements, de rentrer dans la partie déjà faite. Enfin, après de nouvelles irruptions de la Tamise, moins graves il est vrai, cet important travail fut achevé, et le 25 mars 1843, il fut livré à la circulation.

Tels sont les divers moyens d'excavation et de muraillement usités dans les terrains solides et éboulueux. Il nous reste maintenant, pour terminer ce qui regarde l'établissement des tunnels, à parler de la manière dont on relie les puits avec la voûte, de la construction des entrées, et enfin de l'établissement des égouts.

Lorsque les puits ont été percés dans l'axe du souterrain, si le sol est assez résistant on se contente d'un simple boisage fait avec des cadres et des planches; ce n'est que lorsque la voûte est terminée que l'on commence le muraillement de ces puits. Généralement, la jonction se fait avec de la pierre de taille et n'offre pas de difficultés; cependant lorsque celle-ci est rare, on fait usage d'anneaux en fonte sur lesquels on élève la maçonnerie. Au chemin de Londres à Birmingham, M. Stephenson s'est servi d'un anneau composé de quatre segments, assemblés entre eux, au moyen de boulons et d'écrous. Leur diamètre intérieur était de 2m,75, comme celui du puits; la partie plane supérieure présentait une surface de 0m,38, sur laquelle on plaçait les briques. Lorsque le revêtement est terminé à l'intérieur on l'élève à l'extérieur de 2 ou 3 mètres au-dessus du sol, afin qu'il ne tombe pas, ou qu'on ne jette pas, par leur orifice, quelques corps capables d'occasionner des accidents, et on le garnit d'un grillage en fer. Quand les puits ont été muraillés, à l'époque de leur fonçage, on a soutenu le revêtement par un cadre solidement engagé dans le terrain; il n'y a plus alors qu'un simple raccordement à faire pour atteindre ce cadre. Enfin, les puits qui ne doivent pas servir à la ventilation sont comblés; pour maintenir la masse des terres qu'on y jette, et qui est sans consistance, on établit une voûte en décharge qui supporte leur poids.

L'entrée des tunnels n'offre rien de particulier. Le plus souvent les têtes sont faites en pierre de taille; quand celle-ci fait défaut et que l'on a employé la brique, on peut, comme au chemin de Rouen, ou sur quelques chemins de fer belges, orner le mur de créneaux et de tourelles, ce qui donne à l'ouvrage un aspect moyen âge. En général, on cherche à réunir l'élégance et la solidité. Chaque entrée est munie de murs en aile : afin de retenir les terres des talus qui portent eux-mêmes des banquettes, en raison de leur hauteur, on donne ainsi plus de consistance aux terres.

Dans le cas où le souterrain est construit dans des couches aquifères, on revêt la voûte d'une chape, soit en mortier, soit en bitume, et quelquefois avec des plaques de zinc cannelé. D'espace en espace on ménage des caniveaux dans les pieds-droits, afin d'amener les eaux de la chape dans un égout, construit dans l'axe; en outre, on jette sur le radier des débris de tuile ou des cailloux, et par dessus une couche de sable qui supporte les traverses. Les eaux qui suintent par la voûte et les pieds-droits s'infiltrent à travers les interstices du sol poreux et se rendent dans l'égout, au moyen d'ouvertures ménagées à cet effet; elles sont ensuite conduites dans la vallée par des rigoles qui les déversent dans quelque ruisseau. A. LE ROY.

TURBINE. Voyez HYDRAULIQUE.

TUYAU (*angl.* pipe, *all.* rohr). Les tuyaux que l'on emploie dans les arts sont de nature très variée; les plus employés sont les suivants :

Tuyaux en bois. Ces tuyaux, employés surtout pour le tubage des trous de sonde peu profonds, sont formés de troncs d'arbres percés avec des tarières, et ordinairement assemblés par emboîture cylindrique à mi-bois, en les reliant souvent en outre par des bandes de tôle ou même un manchon de métal noyé dans l'épaisseur du bois.

Tuyaux en grès et en terre cuite. On donne ordinairement à ces tuyaux une forme un peu conique afin qu'ils puissent s'emboîter les uns dans les autres. Depuis peu de temps on en fait de grandes dimensions par un procédé très simple absolument analogue à celui employé pour fabriquer le macaroni (voyez POTERIE). Dans ce dernier cas on les assemble au moyen d'un manchon qui recouvre le joint. Ces tuyaux sont surtout employés pour les conduites d'eau.

Tuyaux en verre. Dans ces derniers temps on a proposé et même employé dans quelques localités des tuyaux de verre pour former des conduites de gaz L'usage de ces tuyaux ne paraît pas devoir se répandre surtout depuis l'emploi des tuyaux en tôle avec enduit de bitume.

Tuyaux en plomb. Les tuyaux de plomb qui se fabriquaient autrefois à l'aide du banc à tirer ou du laminoir, se font aujourd'hui avec une grande économie à la presse hydraulique.

Le plomb, refoulé à travers une lunette analogue à celles qui servent aux machines à l'aide desquelles on fabrique les tuyaux de drainage, est traité comme on traite l'argile dans ce cas (*Voy. Compl.*, TUYAU.)

Tuyaux en zinc. Les tuyaux en zinc, peu employés jusqu'à ce jour, sauf pour la conduite des eaux sulfureuses, sont fabriqués sous forme de tuyaux agrafés en les faisant passer au banc à tirer à travers une filière portant des rainures en plan incliné qui recourbent peu à peu les bords et forment l'agrafe sans déchirure, vu la lenteur des actions successives.

Tuyaux en cuivre. Les tuyaux en cuivre rouge, étamés ou non à l'intérieur, ont presque partout remplacé pour conduites de pompes, etc., les tuyaux en plomb, comme étant plus légers, par suite moins coûteux, plus durables, et, selon la croyance publique, moins dangereux lorsque les eaux qu'ils conduisent doivent servir de boisson. On les fait du reste avec une bande de cuivre laminé enroulée sur un mandrin et dont les bords sont soudés à recouvrement; on les allonge par étirage. Ces tuyaux, lorsqu'ils sont d'un faible diamètre, sont aussi employés dans la confection des chaudières à vapeur tubulaires, telles que les chaudières locomotives; dans ce cas, on les fait souvent en cuivre jaune ou laiton; lorsque ces tuyaux doivent être d'un diamètre assez fort, comme 0m,10 à 0m,15, et servir de tubes calorifères dan

des chaudières à vapeur à haute pression ; ils doivent être proscrits et remplacés par des tubes en fer soudés à recouvrement, des expériences faites avec grand soin, ayant démontré que ces tuyaux de cuivre s'écrasaient très-fréquemment sous la pression du dehors en dedans à laquelle ils se trouvaient soumis, ce qui pouvait donner lieu à de graves accidents (voir *Ann. des Mines*, 4e livr. de 1846).

Tuyaux en fonte. Les tuyaux en fonte sont depuis longues années presque exclusivement employés pour les grandes conduites de distribution d'eau et de gaz dans les villes. Autrefois, et encore maintenant dans beaucoup d'usines, on coulait ces tuyaux dans une position horizontale ou plus ou moins inclinée ; il en résultait toujours un soulèvement du noyau et par suite une inégalité d'épaisseur dans les parois qui était cause que l'essai à la presse hydraulique faisait toujours rejeter une proportion assez considérable de ces tuyaux et causait ainsi une perte notable au fabricant. Depuis plusieurs années, dans les adjudications pour la fourniture des tuyaux destinés au service des eaux de la ville de Paris, l'administration, dans le but d'améliorer la fabrication, a exigé que les tuyaux de conduite seraient dorénavant coulés verticalement et en syphon, ce qui nécessite, il est vrai, un matériel un peu différent, mais a l'avantage de parer aux inconvénients ci-dessus signalés. Même quand les tuyaux de fonte sont sans défaut, il arrive quelquefois que la fonte est assez poreuse pour laisser suinter l'eau sous une charge un peu forte, ou que les eaux forment peu à peu dans l'intérieur des tuyaux des dépôts qui finissent par les obstruer ou au moins par en diminuer considérablement le débit. On peut remédier à ces deux accidents d'une manière aussi simple que facile, en imprégnant les tuyaux à la presse hydraulique ou avec une forte presse, avant leur mise en place, d'une huile siccative, telle que l'huile de lin, par exemple, comme l'a fait le premier, avec le plus grand succès, M. l'ingénieur en chef des mines Juncker, aux tuyaux de conduite des belles machines à colonne d'eau qu'il a établies à Huélgoat.

Autrefois les tuyaux en fonte s'assemblaient au moyen de brides que l'on serrait avec des vis et des écrous en fer avec interposition d'une rondelle de plomb ou d'un toron de filasse imprégné de mastic de minium. On remplace maintenant souvent, dans les tuyaux de conduite, les brides par un emboîtement légèrement conique ; on enfonce le tuyau mâle jusque près du fond de l'emboîtement, et l'on remplit le joint d'abord avec de la corde goudronnée et mattée, puis avec du plomb qu'on matte aussi au dehors, ce qui rend le joint imperméable. Cet assemblage se prête aux effets de la dilatation qui, sans cela, dans une conduite un peu longue, pourrait disjoindre les tuyaux, et oblige dans les assemblages à brides à interposer de distance en distance un joint compensateur fait à l'aide d'un manchon de recouvrement.

Tuyaux en fer. Depuis assez longtemps on fabrique en Angleterre des tubes soudés à recouvrement pour tubes caloriféres de chaudières à vapeur, etc. Cette fabrication qui commence à se répandre dans notre pays, se fait en opérant le soudage au moyen d'une filière ou paire de cylindres dont le supérieur est à gorge et opère le soudage des bords, tandis que l'inférieur supporte le chariot sur lequel est fixé le tube préalablement chauffé et dans lequel on introduit au besoin un mandrin pour empêcher la déformation du tube.

Ce mandrin a été remplacé avec avantage par une espèce d'œuf qui ne peut passer à travers la filière et est porté par une tige mince. Les bords du tube étant pressés entre cet œuf et la filière, la soudure s'opère au blanc soudant, et la double épaisseur s'efface par des passes ultérieures. Ce procédé, inventé par MM. Russel, a été importé en France par M. Gandillot.

Tuyaux en tôle. Les tuyaux en tôle servent à l'écoulement de la fumée dans les poêles, au tubage provisoire des trous de sonde, etc. On les assemble à recouvrement, c'est-à-dire que les bords de la tôle cintrée sont réunis par des rivets ; ces tuyaux étaient réunis bout à bout, à recouvrement, avec ou sans rivets. M. Ledru a cherché à remplacer les rivets par une espèce de pli obtenu par l'étirage à froid et une forte pression.

TUYAUX EN TOLE ET BITUME. Les conduites en grès ou en terre cuite se brisent au moindre choc, s'assemblent mal, ne peuvent s'embrancher solidement, et ne résistent que peu ou point à la pression des fluides.

Les conduites en fonte sont poreuses, oxydables, laissent échapper une partie des gaz, surtout s'ils sont soumis à une pression de deux ou trois atmosphères, s'embranchent difficilement, et, ne pouvant se souder, ne présentent jamais qu'un assemblage imparfait. Les conduites en plomb coûtent fort cher, s'écrasent très souvent si leurs parois ne sont pas d'une épaisseur convenable, ce qui devient alors très dispendieux.

Il était donc tout naturel que l'industrie s'occupât de créer un genre de conduite qui ne présentât aucun des inconvénients ci-dessus, et cependant pût être livré au consommateur à un prix modéré ; avantage d'autant plus précieux, que l'emploi de pareils produits a presque toujours lieu sur une grande échelle.

Ce problème semble avoir été résolu victorieusement par M. Chameroy, breveté pour des *tuyaux en tôle et bitume*.

Nous allons rapidement décrire leur fabrication, qui n'offre rien de bien extraordinaire en elle-même, mais dont la perfection repose sur le soin extrême apporté à chacune de ses parties, et sur l'heureuse application d'outils et de procédés spécialement inventés pour leur usage.

Le diamètre des tuyaux de tôle et bitume varie depuis 27 millimètres jusqu'à 40 centimètres ; dans ces limites, on emploie de la tôle de 1 à 2 millimètres d'épaisseur. Même dans le cas des plus fortes conduites, cette dernière épaisseur a été reconnue suffisante.

La tôle bien décapée dans un bain acidulé est étamée au plomb sur ses bords, puis courbée dans un laminoir à trois cylindres, dont elle sort avec la forme et la dimension du tuyau qu'on veut fabriquer.

On écarte les lèvres du tuyau, et un emporte-pièce fort ingénieux perce à la fois sur leurs deux bords les trous destinés aux rivets. Les trous ainsi obtenus se superposent parfaitement lorsque le tuyau vient à se refermer. Les rivets, en fer étamé, sont placés au marteau.

A l'une des extrémités du tuyau on pratique, au moyen de deux cylindres en fonte, portant des cannelures inverses l'une de l'autre à leur extrémité, roulant l'un sur l'autre, une gorge évasée dont nous verrons l'emploi tout à l'heure.

Enfin, l'on soude avec soin le joint du tuyau.

Nous arrivons maintenant à la série d'opérations qui constitue réellement l'invention de M. Chameroy.

Nous avons vu qu'une des extrémités du tuyau présentait une gorge évasée : dans cette gorge on coule, au moyen d'un moule intérieur en fonte soutenu par un bouchon de sable, un écrou en métal dur, inoxydable, assez semblable pour sa composition à celui des caractères d'imprimerie, mais cependant rendu plus résistant par l'addition d'un peu de cuivre rosette. A l'autre extrémité on coule de même, mais extérieurement, un pas de vis, de telle sorte que les tuyaux s'assemblent en se vissant l'un au bout de l'autre, mode d'assemblage supérieur à tous ceux employés jusqu'à ce jour. Le joint est rendu encore plus intime et s'exécute rapi-

dement lors la pose, au moyen d'un enduit composé d'huile et de minium.

Des doutes pourraient être conçus sur l'adhérence de ce métal coulé ainsi à la surface de la tôle étamée; voici un fait de nature à convaincre les plus incrédules :

Pour fondre les écrous des tuyaux de gros diamètre, M. Chameroy emploie aujourd'hui un moule en fonte, une vis modèle brisée en trois parties qui s'enlèvent isolément avec la plus grande facilité après le refroidissement; mais avant cette invention, il se servait d'un moule d'une seule pièce qu'il s'agissait ensuite de dévisser de dedans l'écrou qu'on venait de fondre. Il ne fallait pas moins de l'effort de six hommes manœuvrant aux extrémités d'un levier de 3 mètres. Jamais sous un pareil effort la pièce fondue ne s'est séparée du tuyau, et cependant il n'était pas rare que le levier, qui était en fer, vînt à se rompre.

La fabrication des pas de vis devenant de plus en plus difficile, à mesure que le diamètre des tuyaux va en croissant et devenant impossible pour des diamètres de 0m,80 à 1 mètre qu'on a fabriqués avec succès dans ce système, on s'est contenté d'utiliser les surfaces lisses du métal doux, portant des entailles qui reçoivent des ficelles goudronnées, qui, comprimées lors de l'emboîtement des tuyaux, donnent une fermeture excellente.

Le tuyau terminé est rempli d'eau et, au moyen d'une presse hydraulique, soumis à une pression de 15 atmosphères. On conçoit que sous une telle pression le plus léger défaut de soudure ou de ténacité dans la tôle devient apparent.

Si le tuyau résiste, il est goudronné, puis on enroule autour une corde d'étoupe pour faciliter l'adhérence de la couche bitumineuse dont on va l'entourer. Ce bitume, préparé avec soin dans des proportions rigoureusement arrêtées, se compose de bitume, de terre calcaire, de sable et d'un peu de résine.

Un mandrin traverse le tuyau et sert à le faire manœuvrer sur une table, où l'on étend le bitume composé, sortant de la chaudière. En faisant rouler le tuyau, le bitume s'attache autour de lui, et telle est l'adresse des ouvriers employés à ce travail, que non-seulement tous les tuyaux ont identiquement le même diamètre, mais que leurs poids ne varient pas entre eux d'un 1/2 kilogr.

Le tuyau n'est pas encore achevé, il reçoit intérieurement une couche de bitume plus fin, renfermant moins de matières étrangères que celui qui le recouvre extérieurement. Cette couche intérieure a tout le poli et le brillant du plus beau vernis. Tels sont les tuyaux de tôle et de bitume. Leurs avantages principaux peuvent se résumer ainsi :

Résistance à une pression extérieure à toute épreuve;

Résistance à une pression intérieure éprouvée par quinze atmosphères, et qu'on peut porter au double après l'application de la couche de bitume;

Système d'assemblage supérieur à tout ce qui a été tenté jusqu'à présent;

Facilité d'embranchement en coupant, soudant et recouvrant de bitume;

Durée indéfinie; ils sont inoxydables;

L'intérieur est lisse, sans aspérité aucune;

Enfin, leur prix est de 40 p. 100 au-dessous de celui des tuyaux de même diamètre en fonte.

Une épreuve de douze années a vérifié tous ces résultats.

70,000 mètres ont été posés à Paris seulement, rien que dans les premières années, tant pour des conduites de gaz que pour des conduites d'eau, et pas un seul accident n'est survenu. Une pareille canalisation en fonte présente une moyenne de sept ruptures par an, et l'on sait quels horribles malheurs peuvent en résulter quand il s'agit de gaz. Plus de vingt compagnies d'éclairage, en province, ont suivi l'exemple de Paris.

Nous devons toutefois répéter que d'aussi brillants succès sont dus bien moins à l'idée elle-même de l'invention, qu'à la perfection et au soin avec lesquels elle est exécutée jusque dans ses détails les plus insignifiants en apparence.

TUYÈRE. Voyez MÉTALLURGIE.

TYMPAN. Voyez HYDRAULIQUE et MACHINE SOUFFLANTE.

TYPOGRAPHIE. Voyez IMPRIMERIE et FONDERIE EN CARACTÈRES.

U

URANE. Corps considéré jusque dans ces dernières années comme simple, mais que M. Péligot a reconnu être un oxyde d'un nouveau métal, l'*uranium*. Le seul des composés de ce métal employé dans les arts est celui connu sous le nom d'*oxyde d'urane;* nous avons décrit sa préparation à l'article POTERIE, en parlant des couleurs *vitrifiables;* il sert dans les couvertes et peintures sur porcelaine, ainsi que dans la fabrication des verres de couleurs (voyez VERRE).

URINE. Voyez AMMONIAQUE et DÉSINFECTION.

V

VANNAGE. Voyez HYDRAULIQUE.

VANADIUM. Métal découvert en 1830 par M. Selfstroem; il est très-rare et n'a reçu par suite aucun emploi dans les arts.

VANNE. Voyez HYDRAULIQUE.

VANILLE. La vanille est le fruit d'une plante grimpante de la famille des orchidées qui croît surtout sous les tropiques dans l'Amérique centrale. Ce fruit consiste en cosses oblongues réunies en grappes volumineuses, et qui nous arrivent sèches. On emploie la vanille pour parfumer des chocolats, des glaces, des crèmes, des liqueurs, et même des pommades et des huiles. Elle est assez difficile à broyer; on y parvient en la mélangeant avec du sucre; l'huile essentielle à laquelle elle doit son arome est soluble dans l'alcool.

VAGUES. La surface de la mer est généralement ondulée, et ces ondulations qui, par les gros temps, prennent des dimensions considérables, reçoivent le nom de vagues.

A première vue les vagues paraissent le résultat d'un déplacement du fluide, mais, en laissant de côté les phénomènes des marées, on reconnait bientôt

qu'elles ne constituent qu'une ondulation ou mouvement de va-et-vient assimilable comme il a été dit à la RÉSISTANCE DES FLUIDES, au mouvement des épis d'un champ de blé qui reçoit l'action du vent.

Le mouvement des vagues est de la nature des mouvements pendulaires, tout à fait assimilable à celui d'un pendule dont le centre d'oscillation serait situé à la partie inférieure. En pleine mer un corps léger que l'on fait flotter à la surface de l'eau, ne se déplace pas sensiblement dans le sens horizontal, bien que s'élevant et s'abaissant successivement.

Si un déplacement se produit, le mouvement devient alors analogue à un mouvement cycloïdal : c'est ce qui se voit lorsque le niveau de l'eau près du rivage change par l'effet des marées. L'élévation ou l'abaissement de la masse totale fait glisser en quelque sorte les vagues sur un plan incliné et les force de s'avancer, comme le montre bien le phénomène du *flot* qui se produit à l'embouchure des fleuves, et qui est manifesté par une vague qui court en remontant ceux-ci. C'est un effet de déversement qui accompagne le mouvement d'ondulation, qui en fait une propagation d'ondulations.

L'observation des vagues de la mer permet d'assister à la propagation d'un mouvement oscillatoire, tel que celui qui se produit dans un corps vibrant dans un milieu. Ainsi, si l'on examine les chocs des vagues, s'élevant lors de la marée, le long d'une falaise, on reconnaît bien vite qu'il s'y produit un effet variable, sensiblement le même après chaque période d'un certain nombre de vagues. C'est un phénomène qui apparaît dans tout mouvement vibratoire, et surtout dans le cas où il est employé à cause de la régularité même de ces périodes, dans les instruments de musique.

VAPEUR (*angl.* vapour, *all.* dampf). C'est à l'emploi de la vapeur que nous sommes presque exclusivement redevables de l'immense développement qu'ont pris depuis un demi-siècle le commerce et l'industrie. Tantôt profitant de la propriété que possède la vapeur d'eau de se condenser en dégageant de la chaleur à une température qui ne peut dépasser celle de son point d'ébullition, on l'emploie comme agent calorifique bien plus régulier que le feu nu, précieux encore comme moyen rapide de transport de la chaleur; tantôt elle agit à la fois comme agent mécanique et chimique, dans la préparation de la gélatine, la fixation de certaines couleurs sur les tissus, etc.; enfin surtout on l'emploie comme moyen de transformer en force motrice la chaleur produite par la combustion.

Nous ne nous occuperons ici que de la vapeur d'eau, bien que les lois que nous allons énoncer soient générales et s'étendent à toutes les vapeurs.

L'eau n'entre en ébullition que lorsque la tension de sa vapeur est égale à la pression à laquelle elle est soumise, c'est-à-dire à l'air libre, à la pression atmosphérique mesurée par la hauteur barométrique du lieu; elle bout donc, toutes choses égales d'ailleurs, à une température d'autant plus basse que l'eau s'élève davantage au-dessus du niveau de la mer. Wollaston a fondé sur ce principe un moyen de mesurer la hauteur des montagnes qui peut, dans quelques cas, être plus commode que l'emploi du baromètre.

Lorsque l'air et la vapeur sont mêlés ensemble, la tension résultante est la somme des tensions que présenterait isolément chacun d'eux dans les mêmes circonstances. La force élastique ou tension de la vapeur, au-dessus de son point de saturation, varie proportionnellement à la température et en raison inverse de l'espace qu'elle occupe.

A chaque température correspond un maximum de saturation de vapeur; si la température s'élève, il se vaporise une nouvelle quantité d'eau; si elle s'abaisse, il se condense une certaine proportion de vapeur.

Sous le même volume et la même température, la densité de la vapeur d'eau est les 5/8 de celle de l'air; un mètre cube de vapeur d'eau, à 0° et sous la pression de $0^m,760$ de mercure, pèse donc $0^k,810$.

Sous une pression quelconque, et à toute température, l'eau en passant de l'état liquide à l'état de vapeur absorbe 550 unités de chaleur consommées par sa vaporisation; et, réciproquement, l'eau en se condensant et passant de l'état de vapeur à l'état liquide dégage 550 unités de chaleur produites par les phénomènes moléculaires de la liquéfaction. Cette loi, connue sous le nom de loi de Watt, n'est qu'une approximation souvent suffisante pour les applications pratiques. Nous donnons à CHALEURS LATENTES (*Complément*) la loi rigoureuse déduite d'expériences d'une grande précision.

Pressions de la vapeur saturée. Il est indispensable pour les calculs sur la vapeur et les machines à vapeur, de connaître la valeur de la tension de la vapeur d'eau aux principales températures en usage dans la pratique; nous avons extrait les renseignements qui suivent du beau travail de M. Regnault, et nous les avons disposés sous forme de tableau.

Table des forces élastiques de la vapeur d'eau de 0° *à* 150°.

TEMPÉRATURES en degrés centigrades.	FORCES ÉLASTIQUES DE LA VAPEUR D'EAU	
	en millimètres de mercure.	en kilogrammes, par centimètre carré.
0	4,60	0,006
5	6,53	0,009
10	9,16	0,012
15	12,70	0,017
20	17,39	0,024
25	23,55	0,032
30	31,55	0,043
35	41,83	0,057
40	54,91	0,075
45	71,39	0,097
50	91,98	0,125
55	117,48	0,160
60	148,79	0,202
65	186,95	0,254
70	233,09	0,317
75	288,52	0,392
80	354,64	0,482
85	433,04	0,589
90	525,45	0,714
95	633,78	0,861
100	760,00	1,033
104	872,75	1,186
108	999,32	1,358
112	1141,03	1,551
116	1299,53	1,766
120	1476,00	2,006
123	1621,19	2,204
126	1778,04	2,417
129	1947,35	2,647
132	2129,80	2,895
135	2326,50	3,162
137	2464,80	3,351
139	2610,90	3,549
141	2763,60	3,756
143	2923,50	3,974
145	3090,90	4,201
146	3177,50	4,319
147	3266,10	4,439
148	3356,80	4,563
149	3449,40	4,688
150	3543,70	4,882

En prenant les résultats d'expériences ci-dessus, M. Combes a calculé une formule qui donne avec une exactitude plus que suffisante la tension de la vapeur, entre les températures de 30 et 160°, et les tensions correspondantes, qui sont de 1/20 et 6 atmosphères, limites de celles qui se rencontrent dans la pratique. Cette formule est :

$$1000\,p = (1{,}300172 + 0{,}0187457\,t)^{6\,0077},$$

dans laquelle t est la température en degrés centigrades, et p la force élastique de la vapeur exprimée en kilogrammes sur un centimètre carré de surface.

M. Roche a donné une formule exponentielle qui représente bien les faits, savoir :

$$\frac{p}{760} = 10^{\frac{m\,x}{11 + 0{,}03 \times x}} \quad x = t - 100,\ m = 0{,}1644.$$

Volume de la vapeur saturée. Dans le calcul de la machine à vapeur, on a besoin de connaître non-seulement la pression, mais aussi le poids de vapeur qui remplit le corps de pompe pour chaque ouverture du tiroir, et par suite le volume du kilogramme de vapeur saturée pour une pression ou une température donnée.

TEMPÉRATURE.	TENSION DE LA VAPEUR en mill. de mercure.	TENSION DE LA VAPEUR en atmosphères.	TENSION DE LA VAPEUR en kil. au mèt. carré.	VOLUME du kilog. de vapeur saturée en litres. Expériences de Fairbairn
58°21	137	0,18	1860	8270
68,52	219	0,29	2995	5330
70,76	240	0,31	3202	4910
77,18	315,6	0,41	4233	3720
79,40	346	0,45	4648	3430
83,50	408,2	0,53	5474	3050
86,83	483	0,63	6507	2620
92,66	580	0,76	7850	2150
100,00	760	1	10330	1689
117,17	1361,5	1,78	18387	941
118,46	1419,70	1,86	19213	891
124,17	1690,76	2,22	22932	758
128,41	1935,25	2,54	26238	648
130,67	2070,48	2,725	28148	634
134,87	2344,91	3,08	31816	583
137,46	2527,35	3,32	34295	514
139,21	2647,40	3,48	35948	496
141,81	2828,10	3,72	38427	457
142,36	2905,46	3,82	39460	448
144,74	3093	4,07	42043	432 de M. Hirn.
146,20	3230	4,25	43902	422
152,11	3800	5	51650	355

Jusqu'ici on l'a calculé en appliquant à la vapeur saturée la loi de Mariotte pour les gaz permanents, combinée avec celle de Gay-Lussac pour tenir compte de leur échauffement, sans savoir jusqu'à quel point ces lois étaient applicables, ou plutôt en admettant, sans aucune preuve, que leur emploi ne causait pas d'erreur sensible. De récentes expériences permettent d'apprécier la valeur de l'erreur que l'on commettait en raisonnant de la sorte, de déterminer avec une plus grande approximation le volume de la vapeur saturée qui est moindre que l'on ne supposait.

La première série d'expériences due à MM. Fairbairn et Tate, donne les valeurs du volume de la vapeur saturée à partir de faibles pressions. La seconde est due à M. Hirn, et se rapporte à des températures élevées. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-contre, où j'ai réuni les deux séries; ils peuvent servir à déterminer la valeur du produit PV de la pression par le volume.

Malgré les irrégularités provenant des erreurs inséparables d'expériences difficiles, quand on fait le produit du volume par la pression, on reconnaît qu'il est presque constant, que la croissance progressive de la valeur PV avec la température et la pression est peu rapide ; par suite que la formule de V doit être inverse de celle de p. C'est un logarithme du volume qui diminue à peu près proportionnellement à la température, et aussi inversement, au moins sensiblement, la pression. Ce n'est en effet que sous forme logarithmique que l'on a pu parvenir, en cherchant des formules d'interpolation, à représenter les résultats des expériences.

Il suit de là que l'on peut, avec une formule de forme exponentielle, représenter assez bien les résultats ci-contre pour les volumes de la vapeur saturée.

Nous avons adopté la formule :

$$V = a^{\frac{1}{1+nx}}, \quad x = \frac{t - 100}{100}.$$

La température entre en dénominateur à l'exposant, puisque le volume diminue à mesure qu'elle augmente.

Pour $t = 0$ (correspondant au point de départ pris à 100°) $V = 1689 = a$.

Pour $t = 0{,}24$ de l'échelle de 100°, prise pour unité, une des limites étant 0°, et l'autre point extrême 100°, l'expérience donne $V = 758$, d'où $n = 0{,}50$.

Cette valeur déduite d'un résultat de M. Fairbairn dans une série bien régulière, est aussi celle à laquelle on arrive en partant du volume 355 pour la pression de 5 atmosphères que M. Hirn considère comme très-certain.

La formule devient donc :

$$V = 1689^{\frac{1}{1 + 0{,}50\,x}}$$

TEMPÉRATURE	PRESSION en atmosphères.	PRESSION en mill. de mercure.	VOLUME calculé.
159,2	6	4560	309,4
165,4	7	5320	272,8
170,8	8	6080	241,9
175,6	9	6840	222,5
180,2	10	7600	202
230	27,5	20926	69,8

On peut prolonger, à l'aide de la formule, la table précédente au delà des limites où la connaissance du volume exact de la vapeur saturée est nécessaire pour la pratique jusqu'à 10 atmosphères.

J'ai donné le volume à 230°, limite posée par M. Régnault à l'application de la formule des pressions.

On peut, par curiosité, chercher le volume indiqué par la formule pour le cas, avec l'expérience de M. Cagniard-Latour, de la réduction de l'eau en vapeur, sans changement de volume, à la température de fusion du zinc, vers 400° ou 450°. On trouve $V = 15$.

Nous n'avons parlé dans ce qui précède que de la vapeur formée en contact avec l'eau, de la vapeur saturée. Pour la vapeur surchauffée, voir l'article SURCHAUFFER (*Complément.*)

VENTILATION (allemand, *aus luftigen*; anglais, *the ventilating*). Comme nous l'avons fait pour le chauffage, nous limiterons la trop grande étendue des questions de ventilation, en parlant ici des principes sur lesquels repose la ventilation et seulement leur application à *la ventilation des édifices et établissements publics, les maisons particulières* et *des ateliers*, et en réservant à des articles spéciaux l'*aérage des mines*, ainsi que la législation des ateliers insalubres.

HISTORIQUE.

En Angleterre, la ventilation a été l'objet de longs et anciens travaux; en 1715, le docteur Desaguliers, qui venait de traduire *la Mécanique du feu*, ventile les salles du parlement au moyen d'un foyer d'appel qu'il remplace bientôt par un ventilateur aspirant, déjà proposé en France. Il essaya même de rafraîchir en été la salle des séances.

Ce système a fonctionné jusqu'au delà de l'année 1800. Le docteur Hale y essaya des soufflets en bois; Samuel Sutton, son appel par le cendrier du foyer, dont il décrivit l'application à l'aérage des navires, des mines, etc., dans son discours sur l'extraction du mauvais air, en 1749.

Le grand chimiste Humphy Davy s'occupa aussi de perfectionner cet appareil.

En 1784, l'hôpital de Derby est ventilé par Whichurst.

Le marquis de Chabannes, sir Georges Paul, William Strutt, Eveling, Anderson, Sylvester, et en 1810, Boulton et Watt appliquent plus ou moins heureusement des procédés de ventilation, soit naturelle, soit forcée, à divers établissements.

Deacon, en 1813, essaye l'appel par des appareils à eau chaude.

L'histoire si intéressante du chauffage et de la ventilation, par Walter Bernamn, donne tous ces faits.

Depuis cette époque, le docteur Reid a organisé le chauffage et la ventilation de la salle provisoire des Communes, après l'incendie du palais du parlement. La ventilation était opérée par des ouvertures placées dans le fond de la salle et par un conduit descendant, qui se rendait au bas d'une puissante cheminée, munie, à sa partie inférieure, d'un foyer d'appel comme celui des mines.

Le docteur Reid, chargé aussi du chauffage et de la ventilation des nouvelles salles des séances du parlement, paraît avoir rencontré de grandes difficultés dans le service des appareils placés sous sa direction.

C'est aussi en Angleterre que l'on s'est occupé de ventiler régulièrement quelques maisons particulières, sans que ces essais aient eu de grandes conséquences.

En France, malgré quelques tentatives sans résultats du cardinal de Polignac, auteur de la *Mécanique du feu*, en 1712, et malgré le projet d'assainissement de l'Hôtel-Dieu, par Duhamel du Monceau, en 1759, la ventilation est née seulement dans notre siècle.

Mais, sous la main de nos savants, elle est devenue promptement une science.

D'Arcet, et M. Péclet, notre maître, lui ont tracé des règles certaines et l'ont fait pénétrer les premiers dans les constructions publiques, dans les ateliers et dans l'enseignement.

M. Combes lui a donné une puissante impulsion par ses ouvrages sur l'aérage des mines, par l'invention du ventilateur à ailes courbes, et surtout par la belle découverte de l'anémomètre, sans lequel la ventilation, privée de toute expérience comparative et précise, n'aurait pas pris le caractère d'une science d'observation.

Les savants les plus illustres ont concouru à développer cette science si importante pour la salubrité des villes, la santé publique et l'amélioration de la vie.

MM. Chevreuil, Dumas, Boussingault, le général Morin, Andral, le professeur Gavarret, M. M. Félix Leblanc, Orfila et Lassaigue, enfin, de nombreux médecins lui ont apporté le fruit de leurs plus belles recherches.

En Angleterre, la ventilation a donné lieu depuis vingt ans à des recherches importantes de la part de M. Danielle, de M. Moyle et d'autres savants.

En Belgique, la ventilation des mines a été l'objet des plus nombreuses expériences pratiques et des recherches les plus remarquables.

Aucun travail n'est plus complet que celui de M. Glepin, ingénieur des mines du Grand-Hornu, près Mons, sur la comparaison des divers procédés de ventilation.

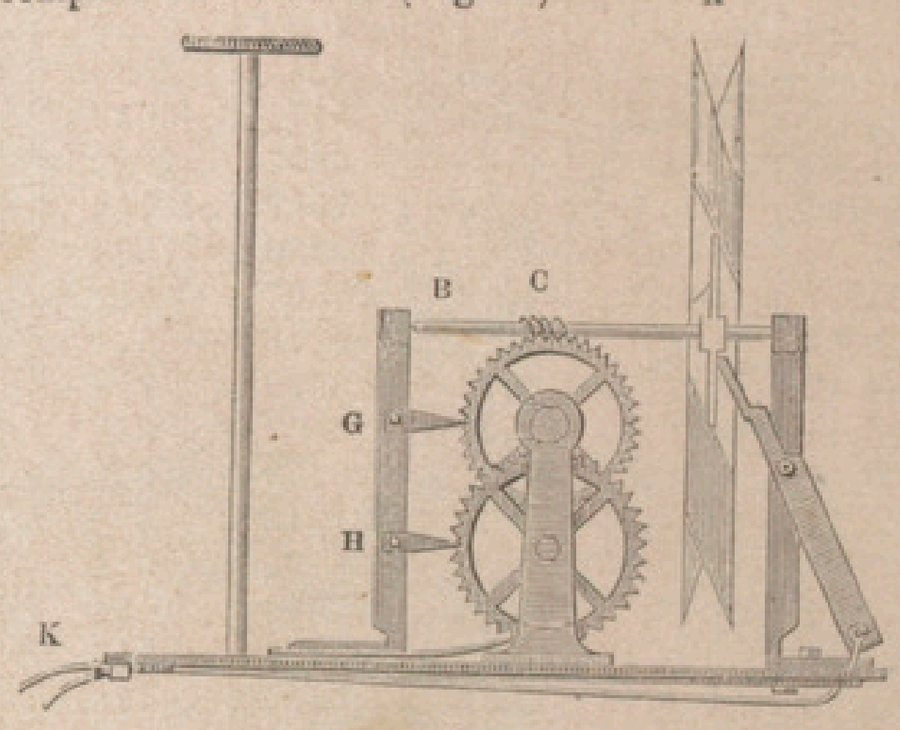
Depuis ce mémoire, M. Ponson a publié un nouveau traité sur l'aérage des mines, et M. Fabry a découvert un nouvel instrument d'appel qui donne plus du double d'effet utile de ce que donnaient les appareils jusque-là employés.

OBJET DE LA VENTILATION.

La ventilation a pour objet de renouveler dans un édifice, dans une salle, l'air, soit vicié par des êtres vivants ou par d'autres causes, soit trop refroidi ou trop échauffé, ou chargé de vapeur d'eau, et d'y faire entrer de nouvelles quantités d'air pur et sec, chaud en hiver, frais en été, de manière à assurer, à volonté, à ces localités, les conditions de la plus complète salubrité; elle a encore pour objet d'opérer dans des séchoirs la dessiccation des produits industriels, etc.

ANÉMOMÈTRE.

Avant de parler des appareils de ventilation et de leurs diverses applications, il faut entrer dans quelques détails sur l'instrument qui sert à en mesurer et à en comparer les résultats. (Fig. 1.)



1.

L'anémomètre de M. Combes, le seul qui soit employé partout pour mesurer la vitesse des courants d'air, parce que seul il est exact et facile à manœuvrer, consiste en un moulinet métallique A avec quatre ailettes en mica, inclinées sur le sens du mouvement, comme les ailes d'un moulin à vent.

Ce moulinet tourne avec un arbre en acier B porté par les deux bouts sur deux supports verticaux en cuivre, comme sur des poupées de tour, et muni d'une vis sans fin C, qui fait tourner une première roue dentée E. Celle-ci s'engrène, par un petit pignon ajusté sur son axe, avec une seconde roue F. Chacune de ces roues a cent dents, et leurs pignons sont calculés de manière que la première roue avance d'une dent quand le moulinet fait un tour, ce qui donne cent tours de moulinet pour un tour de roue: la seconde roue avance d'une dent quand la première a fait *un tour entier*, ou quand le moulinet a fait cent tours.

VENTILATION.

Ces deux roues portent sur leur limbe extérieur des chiffres, indiquant de dix en dix le nombre des dents de roue. De plus, le support intérieur de l'axe du moulinet porte une petite aiguille horizontale G qui sert de zéro à tout le système, et de point de départ à la première roue et devant laquelle, au commencement de chaque expérience, on ramène le zéro de la première roue.

Ce même support présente plus bas une autre aiguille H qui correspond au zéro de la seconde roue. Ces deux aiguilles servent à lire les résultats des observations, c'est-à-dire *le nombre de tours* dont le moulinet a marché pendant une expérience.

Pour opérer avec certitude et facilité, il faut pouvoir mettre l'appareil en marche ou l'arrêter à volonté, à instants fixes, même dans une capacité close.

L'appareil de débrayage et d'embrayage I adopté, consiste en une fourchette qui s'engage dans les bras du moulinet, et s'en dégage à la volonté de l'observateur. Cette fourchette, attachée au solide support extérieur du moulinet, joue sur son centre et est mise en mouvement dans un sens ou dans l'autre pour embrayer, ou pour débrayer, par un balancier placé sous le support, et qui reçoit à chacune de ses extrémités des fils K renvoyés à l'extérieur par deux petites poulies, pour être tirés par les mains de l'observateur.

Un cercle de cuivre entoure le moulinet et le protége contre les accidents extérieurs.

Pour faire une observation anémométrique, on amène à 0 les deux roues en soufflant sur le moulinet dans un sens ou dans l'autre. Souvent, pour rendre les opérations plus promptes, l'anémomètre porte un moyen de débrayer l'axe du moulinet, ce qui permet d'amener instantanément les roues à 0.

Pour que les observations soient exactes, il faut que l'anémomètre soit engagé à quelque profondeur dans l'orifice où l'on veut mesurer la vitesse d'un courant d'air et que cet orifice soit parfaitement régulier sur une assez grande longueur ; sans cette précaution, le courant d'air éprouverait des contractions et des irrégularités qui s'opposeraient à toute certitude dans les résultats. Souvent même, quand on a un grand nombre d'observations semblables à faire, comme dans une prison ou un hôpital, et qu'il est difficile d'engager l'instrument dans les canaux en maçonnerie où l'on veut mesurer la vitesse des courants, on fait préparer un tuyau en tôle de section précise, qui s'ajuste par un de ses bouts sur les bords du canal où l'observation doit avoir lieu, en ayant soin de garnir le joint pour que l'air appelé du dehors ne pénètre pas à l'intérieur sans passer sur l'anémomètre ; celui-ci se place exactement au centre du tuyau au moyen d'une platine qu'on engage dans une ouverture ménagée à la paroi du tuyau, où elle est tenue par une vis.

Les deux fils doivent toujours sortir du tuyau et être libres dans leurs mouvements. Un des observateurs prend un de ces fils dans chacune de ses mains, la fourchette étant engagée et le moulinet arrêté : un second observateur tient à la main une montre ; si c'est une montre qui ne marque que les minutes, il observe le moment précis où l'aiguille des minutes passe exactement sur une des divisions et il donne vivement le signal de débrayer le moulinet en tirant un des fils. Il prolonge l'observation trois ou quatre minutes pour compenser les incertitudes des fractions de temps du commencement et de la fin. Puis, à l'instant précis où l'aiguille marque le nombre de minutes voulu, il donne le signal d'arrêter l'anémomètre en tirant l'autre fil. On sort l'anémomètre du tuyau et on lit facilement le nombre de tours qu'a faits le moulinet, en comptant, à partir du 0, de combien les roues ont marché. Si la seconde roue a avancé de 3 tours et la première de 12 divisions, cela donne 312 tours d'anémomètre.

Une expérience doit toujours être recommencée, et on prend la moyenne des deux observations.

Si l'on a une montre à secondes variables, c'est-à-dire dont l'aiguille des secondes s'arrête à volonté par un ressort, l'observateur met cette aiguille sur 12 et, au moment où il lâche la détente, il commande de débrayer l'anémomètre, et à la fin de la minute ou des deux minutes, il commande l'arrêt.

Pour déduire la vitesse réelle des courants d'air du nombre de tours observés, on se sert d'une formule spéciale à l'instrument même qu'on emploie et qui se trouve écrite sur le couvercle de sa boîte ; dans cette formule très-simple, n représente toujours le nombre de tours observés, et v la vitesse réelle du courant.

Il y a pour chaque anémomètre un coefficient particulier qui se détermine par expérience, en lui faisant parcourir un courant d'air d'une vitesse donnée et observant le nombre de tours qu'il fait. Pour cela, on place l'anémomètre au bout d'un grand levier en bois, de longueur déterminée, tournant sur un pivot placé à son centre, avec une vitesse que l'on fait varier pour avoir plusieurs observations, desquelles on déduit le rapport exact du nombre de tours du moulinet à la vitesse du courant.

Quand on a calculé la vitesse v du courant, en multipliant la section du canal par la vitesse on obtient le volume d'air débité.

M. le général Morin a fait de nombreuses observations avec un anémomètre qu'il a fait construire sur le principe de celui de M. Combes, mais en y ajoutant deux cadrans émaillés, des aiguilles doubles à godets, une troisième roue à minutes et un appareil de pointage, de manière à pouvoir observer jusqu'à 500,000 tours et prendre le nombre des tours du moulinet, à des intervalles de temps déterminés. Cette disposition donne des observations prolongées, et surtout fractionnées par intervalles égaux, condition souvent importante à remplir et rend nulle la légère erreur résultant, avec l'autre anémomètre, du temps nécessaire au moulinet pour prendre une vitesse régulière.

M. Neumann, pour rendre la lecture de l'anémomètre plus facile, place aujourd'hui, derrière les roues un cadran divisé, sur lequel des aiguilles fixées aux roues marquent le nombre de tours parcourus.

Il y a aussi ajouté une troisième roue qui donne les 1000 tours et permet de prolonger les observations.

Les anémomètres sont construits et réglés pour donner des résultats exacts à des vitesses différentes de courants.

Ceux qui doivent marcher à de très-grandes vitesses ont besoin d'être très-solidement établis, sont plus lourds et par conséquent moins sensibles dans les petites vitesses. Quand on veut avoir des instruments sensibles aux plus petites vitesses, il faut les faire légers et très-délicatement construits. C'est ainsi que, pour observer la ventilation des cellules de la maison Mazas, la commission présidée par M. Péclet a fait exécuter à M. Neumann un anémomètre qui donnait des résultats exacts dans un courant d'air qui n'avait que 0,16 de vitesse par seconde.

Nous sommes entrés dans ces détails sur la construction et la manière de se servir de l'anémomètre, pour en propager l'usage, à cause de l'importance qu'ont les expériences faites sur la ventilation, et à cause de la certitude et de la haute utilité des résultats donnés par un bon anémomètre.

DES CONDITIONS HYGROMÉTRIQUES DE L'AIR DESTINÉ A LA VENTILATION.

Nous avons dit, dans l'article *Chauffage*, que, quand on échauffait un volume donné d'air, soit sur des poêles, soit dans des calorifères, cet air acquérait une grande puissance d'absorption pour l'eau, et que,

si on ne lui donnait pas l'eau dont il avait besoin en mettant un vase plein d'eau, soit sur le poêle, soit dans la chambre à air chaud du calorifère, l'air échauffé se saturait d'eau aux dépens des organes des personnes présentes, et occasionnait des maux de tête dangereux. Il en est de même dans les serres chauffées par des calorifères, comme on le fait quelquefois. Si on ne donne pas largement à cet air toute la quantité d'eau dont il a besoin pour se saturer, il s'empare avec avidité de l'eau contenue dans les organes des plantes et les tue promptement.

Il est important, dans les salles de spectacle ventilées, et encore plus dans les hôpitaux, quand on veut régler leur ventilation avec leur chauffage, de savoir exactement quelle est la proportion d'eau que l'air doit contenir pour être dans les conditions les plus parfaites de salubrité. On ne trouve nulle part des chiffres certains sur ce point important. Darcet dit, dans son travail sur la ventilation des salles de spectacle, que, pour être tout à fait salubre, l'air doit être à moitié saturé d'eau à la température de 15 ou 16° centigrades, qu'il adopte pour les théâtres, ce qui correspond environ à 7 grammes d'eau par mètre cube d'air. Divers médecins pensent que l'air doit marquer 72° à l'hygromètre dans une maison habitée, soit 6gr,43 d'eau par mètre cube d'air, ce qui est complétement d'accord avec Darcet.

L'emploi de l'hygromètre doit, avec celui de l'anémomètre, se propager partout et servir de règle aux médecins, aux ingénieurs et aux architectes des administrations, afin de déterminer les conditions les plus favorables de salubrité pour chaque nature d'établissement.

L'hygromètre à cheveu, trouvé par de Saussure, donne des résultats très-précis sur le degré de saturation de l'air dans lequel il est plongé. Cet instrument repose sur la propriété du cheveu, légèrement tendu, de se raccourcir quand il se dessèche et de s'allonger quand il absorbe de l'eau, et en même temps de revenir toujours aux mêmes longueurs quand il est plongé dans de l'air parfaitement sec, ou complétement saturé d'eau. Ce sont là, en effet, les termes constants que l'on a choisis pour les points extrêmes de la marche de l'hygromètre, et l'intervalle est divisé en cent degrés.

Pour donner les degrés, le cheveu, préparé avec des soins spéciaux et fixé d'un bout à l'appareil, entoure de l'autre une petite poulie et porte un contre-poids à son extrémité. Afin que la tension soit toujours la même, la poulie est munie d'une aiguille qui tourne avec cette poulie devant un cadran divisé en cent parties égales, le 0 étant à l'extrême sécheresse, les 100° à l'extrême humidité.

Pour obtenir avec cet instrument autre chose que des résultats comparables, M. Gay Lussac a déterminé, par des séries d'expériences, et pour de l'air à 10° sous la pression atmosphérique de 0,76, les tensions de vapeur correspondantes à chaque degré de l'hygromètre. Dans les travaux et les essais relatifs à la ventilation et au chauffage, quand on veut leur donner l'exactitude nécessaire, sans avoir à perdre du temps en calculs chaque fois renouvelés, il faut avoir, pour tous les degrés de l'hygromètre, le poids de l'eau que contient 1 mètre cube d'air à 15°, degré adopté presque partout comme la température de règle des édifices chauffés et ventilés. En l'absence d'une table de ce genre, et en partant de la table construite par M. Gay-Lussac (Pouillet, *Physique*, t. II, p. 639), nous avons calculé le tableau qui suit, pour servir aux ingénieurs, aux médecins et aux architectes qui auront l'occasion, de déterminer, par des expériences multipliées, le degré hygrométrique le plus convenable dans chaque espèce d'édifices, ce qui permettra ensuite d'appliquer facilement ces résultats aux établissements que l'on doit chauffer et ventiler.

Tableau donnant en grammes le poids de l'eau contenue dans 1 mètre cube d'air à 15°, pour chacun des degrés de l'hygromètre à cheveu.

DEGRÉS de l'hygromètre à cheveu.	POIDS DE L'EAU en grammes contenue dans 1 mètre cube d'air à 15 degrés.	DEGRÉS de l'hygromètre à cheveu.	POIDS DE L'EAU en grammes contenue dans 1 mètre cube d'air à 15 degrés.
1°	0gr,06	51°	3gr,69
2°	0 ,12	52°	3 ,79
3°	0 ,17	53°	3 ,89
4°	0 ,23	54°	4 ,00
5°	0 ,28	55°	4 ,10
6°	0 ,35	56°	4 ,20
7°	0 ,41	57°	4 ,33
8°	0 ,47	58°	4 ,45
9°	0 ,52	59°	4 ,56
10°	0 ,59	60°	4 ,68
11°	0 ,65	61°	4 ,81
12°	0 ,71	62°	4 ,95
13°	0 ,77	63°	5 ,08
14°	0 ,82	64°	5 ,21
15°	0 ,90	65°	5 ,34
16°	1 ,96	66°	5 ,47
17°	1 ,03	67°	5 ,64
18°	1 ,09	68°	5 ,79
19°	1 ,15	69°	5 ,94
20°	1 ,21	70°	6 ,09
21°	1 ,29	71°	6 ,25
22°	1 ,35	72°	6 ,43
23°	1 ,42	73°	6 ,60
24°	1 ,49	74°	6 ,77
25°	1 ,55	75°	6 ,93
26°	1 ,62	76°	7 ,13
27°	1 ,70	77°	7 ,32
28°	1 ,77	78°	7 ,51
29°	1 ,84	79°	7 ,71
30°	1 ,91	80°	7 ,90
31°	1 ,98	81°	8 ,11
32°	2 ,06	82°	8 ,33
33°	2 ,13	83°	8 ,55
34°	2 ,21	84°	8 ,76
35°	2 ,28	85°	8 ,98
36°	2 ,36	86°	9 ,22
37°	2 ,44	87°	9 ,47
38°	2 ,52	88°	9 ,71
39°	2 ,60	89°	10 ,00
40°	2 ,71	90°	10 ,20
41°	2 ,77	91°	10 ,46
42°	2 ,85	92°	10 ,72
43°	2 ,94	93°	10 ,98
44°	3 ,03	94°	11 ,23
45°	3 ,11	95°	11 ,49
46°	3 ,21	96°	11 ,77
47°	3 ,30	97°	12 ,05
48°	3 ,40	98°	12 ,34
49°	3 ,51	99°	12 ,62
50°	3 ,58	100°	12 ,90

DES INSTRUMENTS DE VENTILATION.

Les instruments de ventilation, ceux qui servent à enlever l'air des salles à ventiler ou à l'y envoyer, sont de plusieurs espèces.

Chacun d'eux a des qualités spéciales qui le rendent plus convenable dans un cas que dans l'autre. Mais en fait de ventilation, plus encore qu'en fait de chauffage,

VENTILATION.

les problèmes à résoudre sont souvent très-délicats, tout à fait neufs ou présentent au moins des conditions nouvelles ou des difficultés pratiques graves.

Pour pouvoir faire un choix en pleine connaissance de cause, il est nécessaire de savoir la valeur comparative des principaux systèmes.

Nous avons dressé un tableau qui comprend de nombreuses observations, faites avec beaucoup de méthode et d'exactitude par M. Glépin, ingénieur des houillères du Grand-Hornu, près Mons, sur tous les appareils employés à la ventilation des mines.

Nulle part on ne trouve une série aussi complète et aussi consciencieuse de faits précis sur cette question.

Nous y avons ajouté toutes les expériences et les chiffres que nous avons trouvés, et les résultats de nos travaux personnels à Mazas et dans diverses petites prisons; nous avons complété l'étude de ces systèmes par des faits de ventilation par injection qui ne s'emploient pas dans les mines, mais employés avec succès ailleurs, et dont le mémoire de M. Glépin ne parle pas.

Ce tableau présente sous une forme simple tous les points de comparaison et les résultats pratiques qui ressortent de chaque expérience. Un coup d'œil suffira pour les saisir.

La colonne D donne la puissance mécanique en chevaux vapeur, dépensée par l'appareil.

Dans les observations faites sur les foyers d'appel, nous avons réduit leur dépense de houille en chevaux-vapeur, en comptant, avec M. Glépin, pour les machines sans détente et sans condensation des mines, une consommation de 5 kilogrammes de houille par cheval et par heure, au-dessus de 2 chevaux de puissance et de 6 kilogrammes au-dessous.

La colonne E donne le volume d'air débité par l'appareil en 1 seconde; celle F le même volume d'air débité en 24 heures.

Dans la colonne G se trouve la dépense de l'appareil en houille par 24 heures.

Pour les appareils mécaniques, nous avons dressé cette colonne en comptant par cheval sur les dépenses de houille indiquées plus haut.

A la colonne H se trouve le volume d'air, en mètres cubes, enlevé par un kilogramme de houille.

C'est une unité que nous proposons et qui a de grands avantages pour présenter nettement les résultats comparatifs de tous les systèmes.

La colonne I donne le volume d'air enlevé en 1 heure, par chaque appareil, avec une puissance de 1 cheval-vapeur.

La colonne J est le rapport d'*effet utile* mécanique de l'appareil, c'est-à-dire la *quantité de puissance* nette que l'appareil utilise dans son travail de ventilation.

La colonne K donne la dépense de l'appareil par jour, en y comprenant les intérêts des frais d'établissement à 6 p. 100, et les mains-d'œuvre journalières.

Enfin la colonne L présente la valeur commerciale de chaque instrument et le coût de la ventilation pour chacun d'eux, c'est-à-dire le coût d'enlèvement de 1000 mètres cubes d'air dans chaque système.

Les colones K L sont les dépenses à Mons.

Les colonnes N M donnent la dépense par jour et le prix d'enlèvement de 1000 mètres cubes d'air à Paris, en comptant les 1000 kilogrammes de houille du foyer d'appel à 35 fr., et celle des machines à vapeur à 30 fr., et ajoutant un tiers aux prix de construction des machines à Mons pour avoir les prix de Paris.

Ainsi, en résumé, on trouve ici le volume d'air enlevé par un kilogramme de houille, les frais d'enlèvement de 1000 mètres cubes d'air, et le volume d'air qu'un cheval-vapeur emporte en vingt-quatre heures, dans chaque système d'appareil servant à sa ventilation.

Ce tableau rendra plus facile l'étude de ces systèmes, appliqués d'abord aux mines, mais qui sont presque tous les mêmes que l'on emploie à la ventilation générale dont nous nous occupons.

Nous rangerons dans deux classes les appareils d'appel destinés à ventiler.

PREMIÈRE CLASSE. Appel par l'action de la chaleur agissant dans une cheminée.

Cette classe se divisera en quatre systèmes :

1° Appel par un combustible brûlé directement *dans le bas de la cheminée;*

2° Appel par un combustible brûlé directement *à la partie supérieure*, *ou près de la partie supérieure* de la cheminée ;

3° Appel par des appareils intermédiaires de transmission de chaleur, recevant leur chauffage d'un foyer placé à distance ;

4° Appel par la vapeur envoyée directement dans la cheminée.

DEUXIÈME CLASSE. Appel par un appareil mécanique aspirant, mis en mouvement par un moteur.

Il y a ici cinq systèmes distincts :

1° Les machines aspirantes à piston ;

2° Les machines aspirantes à cloches plongeantes ;

3° Les vis pneumatiques ;

4° Les ventilateurs à ailes planes et les ventilateurs à ailes courbes ;

5° La roue pneumatique de Fabry.

TROISIÈME CLASSE. Ventilation mécanique par refoulement, en employant les ventilateurs.

PREMIÈRE CLASSE. Appel par l'action de la chaleur agissant dans une cheminée.

Ce système d'appel est le plus anciennement et le plus généralement employé, c'est celui de la majeure partie des mines, la plus grande et la plus parfaite application de ventilation qui soit connue.

L'appel a lieu en échauffant, par un moyen quelconque, la colonne d'air contenue dans une cheminée, ou canal vertical plus ou moins élevé. Cette colonne chauffée se dilate, devient moins dense que l'air extérieur, et quand on établit, par des ouvertures de section convenable, une communication entre un point de cette colonne ainsi dilatée et les capacités dans lesquelles on veut renouveler l'air, et où celui-ci peut entrer librement, l'air de ces capacités est aspiré par la cheminée dans laquelle il se précipite comme dans un vide partiel, et il est remplacé à mesure, dans la capacité ventilée, par de l'air pris au dehors.

Cet écoulement s'entretient constamment, sous deux conditions 1° que l'appareil chauffeur verse, sans interruption, dans l'air qui passe, une quantité de chaleur suffisante pour maintenir la colonne de la cheminée à la température où elle était au moment où la communication a été établie, 2° qu'il entre à l'autre extrémité des capacités ventilées autant d'air que la cheminée en enlève.

Ce système d'appel est certainement le plus simple et le plus régulier de tous; il fonctionne presque sans entretien, et il a, en dehors des mines, de nombreuses applications dans les édifices et dans l'industrie.

Il exige seulement, pour bien fonctionner, une condition qui en rend quelquefois l'emploi difficile. Il faut que les sections des conduits d'appel et de la cheminée soient en rapport avec le volume d'air à enlever, de manière à ne pas être forcé d'imprimer à cet air une vitesse considérable, qu'on n'obtient qu'en échauffant très-fortement la colonne d'appel, ce qui augmente

VENTILATION.

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES.	APPAREILS de VENTILATION.	LIEUX où SONT PLACÉS LES APPAREILS.	FORCE MOTRICE EMPLOYÉE en chevaux-vapeur.	VOLUME D'AIR débité en 1 seconde.	VOLUME D'AIR débité en 24 heures.	HOUILLE brûlée en 24 heures.	VOLUME D'AIR débité
A	B	C	D	E	F	G	H
				m.c	m.c	kil.	
1	Foyers au fonds des puits.	Fosse n° 3 au Grand-Buisson.....	5,85	6,484	560,218	700	800
2		Fosse n° 2 — —	4,67	5,320	459,648	560	821
3		Fosse n° 5 au Grand-Hornu.....	3,23	3,990	344,736	388	888
4	Foyers en haut des puits.	Fosse n° 5 au Grand-Hornu.....	4,10	2,375	205,200	484	424
5		Fosse n° 11 — —	5,10	1,880	162,432	713	227
6		Fosse n° 1 Sauwartan.....	8,10	1,974	170,554	1084	157
7	Foyer au bas de la cheminée d'appel (Maison Mazas).....		1	6,945	600,048	480	1250
8	Machines aspirantes à piston.	Grande veine de Saint-Ghislain.	1,448	2,615	225,936	533	422
9		Fosse n° 1 Grand-Buisson.....	24,30	5,975	516,240	2916	183
10		Fosse Saint-Lours du Poirier.....	22,50	4,545	392,688	2700	145
11		— — de l'Espérance....					
12	Machine à cloche plongeante.	De Marihaies.....	6,1	5,428	468,919	744	630
13	Vis pneumatique de Motte.	Fosse n° 1 de Sauwartan.....	1	3,492	301,709	480	631
14		Fosse n° 7 de Monceau-Fontaine....	1	2,152	185,932	168	117
15		Fosse du Carabinier au Châtelet.....	1	1,020	88,128	168	524
16		Fosse du Chère de Trieukaisin.....	8,40	7,090	612,576	1001	612
17	Ventilateur ailes planes de Letoret.	Fosse Sainte-Caroline, à Sainte-Victoire.....	4,20	3,183	275,011	504	546
18		Fosse n° 3 de l'Agrappe et Grisœil..	5,24	3,948	341,107	629	542
19		Fosse n° 1 du Grand-Picquery.....	3,56	2,727	235,612	427	551
20		Fosse n° 3 de Marcinelles.....	3,70	2,910	251,324	444	564
21	Ventilateur plane de Sabloukoff.	A Saint-Pétersbourg.....	2 hom	0,340	29,376	48	612
22	Ventilateur Combes à ailes courbes.	Fosse n° 5 du Grand-Hornu à 6 ailes.	6,59	3,222	278,381	791	352
23		— — — — à 3 ailes.	4,96	2,773	238,587	595	401
24		Fosse n° 5 Nouveau ventilateur.....	3,96	4,062	350,957	468	750
25	Ventilateur Pasquet.	Fosse Saint-André du Poirier.....	3,18	5,984	517,018	382	1353
26		Fosse Saint-Louis du Poirier.....	2	1,394	120,442	288	418
27	Ventilateur Daugneau en fer de lance.	Fosse n° 3 Mambourg et Bellevue...	2,50	0,879	75,946	360	211
28	Roue pneumatique de Fabry.	Puits aux Échelles.....	9,92	8,108	700,531	1190	588
29	Appareil à vapeur.	Fosse n° 3 du Gouffre.....	11,53	7,056	609,538	1314	438
30		Fosse n° 11 Grand-Hornu (appareil Méhu).....	8,07	1,409	121,747	968	126
31		Fosse n° 11 Grand-Hornu (appareil Pelletan).....	36	3,285	283,824	4320	66
32	Cheminée d'airage avec produit de la combustion.	Fosse Sainte-Caroline à Sainte-Victoire.....	35	2,60	224,640	4200	53
33		Fosse n° 7 à Monceau-Fontaine.....	10	1,067	92,189	1200	77
34	Même cheminée avec la vapeur perdue de la machine.						

VOLUME D'AIR débité par heure pour un cheval-vapeur. I	RAPPORT de puissance motrice utilisée. J	DÉPENSE TOTALE EN ARGENT, à Mons, par jour. * K	COÛT D'ENLÈVEMENT à Mons des 1000 mètres cubes d'air. L	DÉPENSE PAR JOUR à Paris. M	COÛT D'ENLÈVEMENT des 1000 mètres cubes à Paris. N	NOMS DES OBSERVATEURS.	OBSERVATIONS.
		fr.	fr.				
4000	0,50	14,75	0,026	29,86	0,053	Glépin.	La force en chevaux-vapeur est comptée sur la houille brûlée à 5 kilogr. par cheval à l'heure.
4105	0,71	13,00	0,028	26,35	0,056	id.	
4440	0,27	10,08	0,028	19,84	0,057	id.	Le puits était mouillé sur ses parois.
2120	0,175	11,08	0,054	23,29	0,113	id.	K, la dépense totale par jour se compose des intérêts d'établissement 6 p. 100 et des frais journaliers de l'appareil.
1135	0,62	10,66	0,065	31,69	0,133	id.	
785		21,37	0,125	44,48	0,266	id.	
6250	0,93	13,20	0,022	24,80	0,04	Commission de réception.	Ces prix de frais journaliers sont comptés comme à Mons, d'accord avec le tableau entier, à 1,20 l'hectolitre de houille.
2115	0,26	20,98	0,093	31,50	0,138	Glépin.	La dépense de houille est comptée d'après la force de chevaux-vapeur du moteur, à raison de 5 kil. par cheval au-dessus de deux chevaux et 6 kil. au-dessous.
885	0,38	45,80	0,089	112,70	0,218	id.	
727	0,30	42	0,107	105	0,267	id.	
	0,32					Combes.	
3147	0,396	18	0,038	36,54	0,077	Glépin.	L'hectolitre de houille à 80 kil.
3143	0,24	11,06	0,037	22,50	0,074	id.	
7789	0,20	8,32	0,045	12,58	0,056	id.	Il y a sans doute une erreur dans cette observation.
3672	0,24	9,80	0,111	13,65	0,155	id.	
3033	0,24	14,25	0,023	38,82	0,063	id.	On a pris les moyennes partout où il y avait plusieurs expériences.
2723	0,17	17	0,061	25,85	0,094	id.	
2708	0,20	19	0,056	29,17	0,086	id.	A Paris les chauffeurs à 3 fr.
2758		15,23	0,064	23,50	0,100	id.	La houille pour foyer d'appel à 35 fr. les 1000 kil.
3830	0,10	16	0,064	24	0,095	id.	La houille pour machine à vapeur à 30 fr.
3709	0,24					id.	Et les machines et constructions sont comptées à 25 p. 100 de plus qu'à Mons.
1764	0,22	21	0,076	31,60	0,125	id.	
2005	0,16	18	0,075	28,60	0,119	id.	Il paraît qu'une partie du volume de l'air débité était aspiré autour de l'appareil.
3749	0,28	16	0,045	24,10	0,069	id.	
6787	0,24	15	0,028	22,06	0,042	id.	
2508	0,10	13	0,108	19,22	0,159	id.	
1232	0,05	14	0,184	22,13	0,291	id.	
2942	0,544	17,80	0,025	19	0,07	id.	Observation faite dans l'état normal de la ventilation.
2203	0,674	17,80	0,029	19	0,08	id.	Observation faite en gênant l'arrivée de l'air.
627	0,068	15	0,123	39	0,319	id.	
329	0,065	37,40	0,132	136	0,476	id.	
267	0,05					id.	
384	0,05					id.	
	0,08					id.	

VENTILATION.

la dépense de combustible hors de proportion avec le volume d'air enlevé en plus.

Quand le volume est considérable, on est ainsi forcé d'avoir une cheminée et des conduits de grande section, difficiles à accorder avec les exigences de la construction, et de la décoration des édifices.

La régularité et la facilité de conduite de ces foyers d'appel est très-grande ; il suffit, à des temps réguliers, de charger de la houille sur une grille. De plus, avec une cheminée de grande section, ni les variations du feu, ni celles des vents, ni celles de la pression atmosphérique ne réagissent sur la ventilation. Tandis qu'avec une machine, il faut au moins deux arrêts par 24 heures, pour graisser et nettoyer le moteur, sans parler des dérangements imprévus et des réparations normales.

Voici la règle pratique pour déterminer les dimensions d'une cheminée d'appel. La section de cette cheminée doit être calculée de manière que l'air qui la traverse ait seulement une vitesse de 1 mètre par seconde; avec des foyers bien disposés on obtient $1^m,50$ mais pour que des appareils de ventilation, comme des appareils de chauffage, fonctionnent bien, il faut qu'ils aient toujours une puissance supérieure au travail à faire. On a ainsi la marge nécessaire pour couvrir toutes les résistances et les pertes imprévues, et l'appareil de ventilation donne plus qu'on n'a promis, ce qui est toujours très-avantageux, parce qu'on peut réduire sans peine une ventilation qui nuirait par son excès, tandis qu'il est impossible d'augmenter une ventilation insuffisante par le défaut des appareils. Quand le volume d'air est considérable et la cheminée très-élevée, et que l'on est gêné par les frais d'établissement et par la place, on peut calculer sur $1^m,25$ par seconde, mais jamais au delà.

Nous donnerons plus loin la manière de déterminer les volumes d'air nécessaire, soit pour entretenir salubre des salles, soit pour dessécher des substances.

Ici c'est l'instrument de la ventilation qu'il faut déterminer.

Admettons donc que l'on demande une cheminée d'appel qui puisse débiter par heure 24 000 mètres cubes d'air, soit par seconde $6^{mc},67$.

On donne à la cheminée 7 mètres de section, soit 3 mètres de diamètre, ou, si elle a au moins 30 mètres de hauteur, on lui donne au minimun $5^m,33$ de section, ou $2^m,60$ de diamètre.

Si l'on veut déterminer la quantité de combustible à brûler, pour enlever ces 24 000 mètres cubes par heure, il faut compter sur une quantité de combustible capable d'élever la température de tout l'air sortant de 25 degrés au moins, si le foyer est placé directement dans la cheminée, comme dans les mines et à la maison Mazas. Alors la totalité de la chaleur dégagée par le combustible est employée à chauffer l'air, et à entretenir à la même température l'appareil chauffeur, et les briques de la cheminée : les pertes dues à la surface de cette cheminée sont comprises dans la dépense de houille, en comptant 25° de différence de l'intérieur à l'extérieur. 1 kilogramme d'air pèse à peu près $1^k,30$, et exige quatre fois moins de chaleur que l'eau, pour être élevé de 1 degré ; 1 kilogramme de houille dégage en brûlant 7000 calories.

La quantité de houille à brûler par heure dans la cheminée, pour débiter 24 000 mètres cubes, sera donc donnée par la formule suivante :

$$\frac{24,000 \times 1^k,30 \times 25^0}{4 \times 7000^c} = 26^k,40.$$

Si l'on voulait déterminer la vitesse qu'on obtiendra dans une cheminée construite ou à construire, et dont on a ainsi déterminé, le diamètre on se servirait de la formule de M. Peclet, qui est :

$$V = 8,85\sqrt{\frac{HatD}{L+4D}}$$

dans laquelle :

H est la hauteur de la cheminée ;

D son diamètre ;

L la longueur du canal ou des canaux de section, égale à la cheminée, à la suite desquels elle est placée.

t la différence de température de l'air de l'intérieur à l'extérieur ;

a le coefficient de dilatation des gaz pour un degré centigrade 0,00367.

Ainsi, avec la cheminée ci-dessus, de $2^m,60$ de diamètre, de 30 mètres de hauteur et de $5^m,30$ de section, et avec une différence de température de 25 degrés, et la longueur du canal 100 mètres, la vitesse d'après cette formule est de $2^m,257$.

Ces cheminées d'appel, traversées par de l'air à 25° ou 30°, s'échauffent peu ; on peut donc, quand elles sont à l'intérieur des bâtiments, les établir avec des languettes de briques de 0,055; enduites en dedans et en dehors, elles tiennent ainsi moins de place et peuvent être dissimulées ; on les fait souvent en plâtre, mais la place du foyer doit être en briques.

Mais une condition importante est le choix de la place que doit occuper le foyer d'appel, et sa disposition.

Ce foyer peut être placé au point le plus bas de la cheminée, que l'on fait alors descendre jusque dans le fond des caves : si c'est dans un bâtiment, il peut être placé au contraire, sous les combles, près du sommet de la cheminée. Le premier système a de grands avantages sur le second. Les principes théoriques le disent et les résultats pratiques sont d'accord avec cette théorie. 1° Ce procédé permet d'utiliser à l'appel la puissance de la hauteur entière de la cheminée ; puissance dont il est facile de calculer l'importance, à l'aide de la formule ci-dessus.

En prenant, dans un cas, une cheminée de 6 mètres de hauteur, et dans l'autre, de 30 mètres, et toutes conditions égales d'ailleurs, on trouve que, dans le cas du foyer placé au point le plus bas d'un édifice, la vitesse avec la section de $5^m,30$ ci-dessus donnée de $2^m,257$, et dans le cas du foyer placé à 6 mètres du sommet, la vitesse et par conséquent le débit d'air avec la même quantité de combustible n'est plus que de $1^m,42$.

Nous insisterons fortement sur le principe que nous avons adopté et que nous appliquons partout avec un succès entier, parce qu'on nous a quelquefois reproché, comme une absurdité, de faire descendre la colonne d'air chaud, pour la faire remonter ensuite.

Le plus simple raisonnement suffit cependant pour montrer, qu'il y a bénéfice à faire remonter ainsi une colonne d'air chauffé à 40°, après l'avoir fait descendre quand elle a 15° seulement.

Ajoutons à cela que la colonne moyenne à 15° descend de deux étages ou de 10 mètres et remonte à 30 mètres à 40 degrés. Le bénéfice obtenu ressortira clairement des rapports de vitesse de ces deux cheminées. En faisant L = 10 mètres dans les deux cas et D = 2,60, et T, la différence de la température extérieure, supposée à 0 degrés, pour la petite cheminée et pour la grande 26°.

On a alors : cheminée de 10 mètres de hauteur avec de l'air à 15°, vitesse $1^m,49$;

Cheminée de 30 mètres avec de l'air à 40°, vitesse $6^m,64$

Mais comme la vitesse de la grande cheminée est forcée de détruire d'abord la vitesse de la petite cheminée descendante, il faut déduire de la vitesse brute 6,64 la vitesse en arrière de 1.49, et il reste pour la

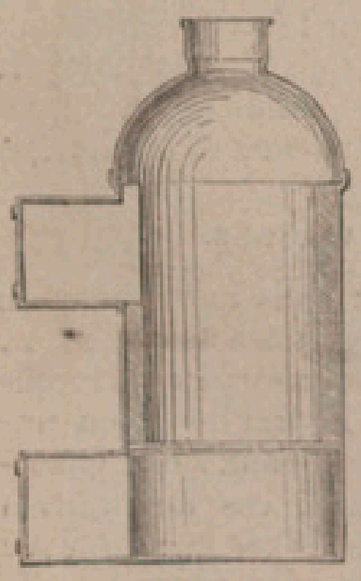
vitesse nette de la grande cheminée, après qu'elle a forcé l'air à redescendre dans la petite; en un mot, le bénéfice qu'il y a là fait redescendre la ventilation pour remonter ensuite, une vitesse de 5m,15, dans les conditions qui précèdent.

Ainsi, en principe, la ventilation doit coûter plus avec le foyer d'appel *placé en haut* qu'avec le foyer placé au bas; en pratique, la différence est énorme. Si l'on examine, dans notre tableau, ce que coûte, à Mons, l'enlèvement de 1000 mètres cubes d'air par les deux systèmes, on trouve que la moyenne de trois foyers placés au fond de la fosse est de 5 centimes et demi, et la moyenne de trois foyers placés à la surface, c'est-à-dire près du sommet de la cheminée, est de 17 centimes, c'est-à-dire trois fois plus cher.

Il y a encore d'autres avantages à placer le foyer au point le plus bas de la cheminée, en amenant, bien entendu, le conduit d'air sur le foyer même; c'est que l'on obtient un tirage d'une régularité extrême. En effet, le tirage ne peut pas se ressentir des petites variations de conduite du foyer, parce que la maçonnerie de la cheminée, toujours échauffée, suffit pour les compenser; il ne peut pas non plus se ressentir de l'action du soleil ni des vents les plus violents, ni des variations de la pression atmosphérique, qui ne peuvent pas refouler une colonne de 30 mètres d'air chaud, animée d'une vitesse de plus de 1 mètre. Tandis qu'au contraire, les foyers placés près du sommet de la cheminée ne peuvent pas avoir des colonnes de plus de 6 mètres de hauteur. Ils reçoivent donc l'action immédiate du soleil, des variations barométriques et des vents, et très-souvent l'air vicié peut être refoulé jusque dans les salles dont il augmente encore l'infection.

Ainsi, à moins que les conditions locales ou les dispositions existantes ne s'y opposent absolument, il n'y a pas à hésiter, surtout quand il s'agit d'un volume d'air important à enlever, il faut placer le foyer d'appel au bas de la cheminée et y jeter, au moyen de conduits souterrains, tout l'air qu'il doit emporter. C'est directement sur le foyer, ou par dessous, que l'air doit déboucher pour pouvoir s'échauffer le plus complétement possible. Si on l'amenait à un point plus élevé que le foyer, la colonne d'air chauffée par le foyer resterait stagnante et ne se mêlerait que difficilement au courant d'air vicié, qui, n'étant que partiellement et mal échauffé, ne prendrait qu'une très-faible vitesse et ne remplirait pas le but proposé. Il se ferait, de plus, de doubles courants dans la partie supérieure de la colonne, et la ventilation serait nulle.

La partie supérieure d'une cheminée d'appel doit être couronnée d'un large chapeau, en tôle ou en pierre de taille, se raccordant avec l'architecture du monument, avec un passage libre, au moins égal à la section de la cheminée. Avec un courant d'air à vitesse modérée et à faible température, et une cheminée de grande section, les pluies refroidiraient profondément les cheminées.



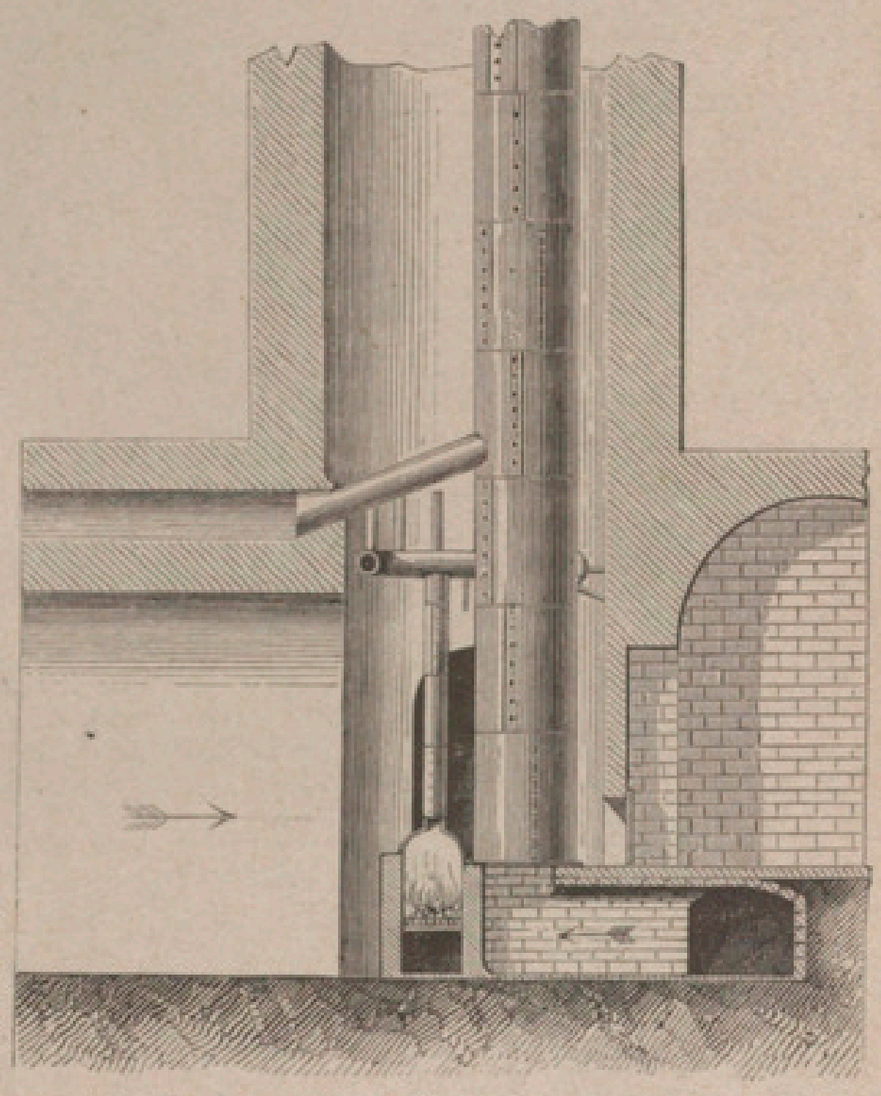
2.

Bien entendu que, quand la cheminée emporte de l'air infect, il faut jeter cet air assez haut dans l'atmosphère pour ne pas nuire aux voisins et qu'il ne puisse jamais rentrer dans l'édifice ventilé.

Quant aux foyers d'appel, on les construit de beaucoup de manières. Si la cheminée n'est pas très-large et qu'on veuille avoir une grande régularité dans l'appel, on y établira l'appareil d'appel (fig. 2), espèce de poêle américain à

combustion lente, où l'on brûle, dans une chemise intérieure en terre réfractaire A, du coke, de l'anthracite ou des mottes de houille mélangées à de la terre : le combustible se charge par la bouche B, en grande épaisseur et se règle parfaitement au moyen d'une tirette établie sur la porte du cendrier C, et de manière à faire des charges de six et huit heures au moins.

Dans les cheminées des mines, le foyer d'appel est une vaste grille en fer recouverte de combustible.



3.

A Mazas, où la cheminée a 2,30 de diamètre (fig. 3), la houille brûle sous un demi-cylindre en fonte A, porté sur de la maçonnerie. Deux tuyaux de fonte B portent la flamme et la fumée du foyer dans des couronnes annulaires, ou tuyaux métalliques C, qui sont armés de petits tuyaux de 0,10 de diamètre, par lesquels la fumée est jetée dans toute la section de la cheminée, pour l'échauffer très-également, lui donner toute sa puissance d'appel et la garantir des contre-courants qui, faute de ces précautions, ont souvent lieu dans les cheminées à grande section. Le courant d'air vicié est jeté sur le foyer d'appel par le canal D.

Dans les cheminées à petite section, comme dans les étuves et séchoirs, on emploie souvent, pour produire l'appel, le tuyau d'un poêle ou d'un fourneau, utilisé à un autre objet.

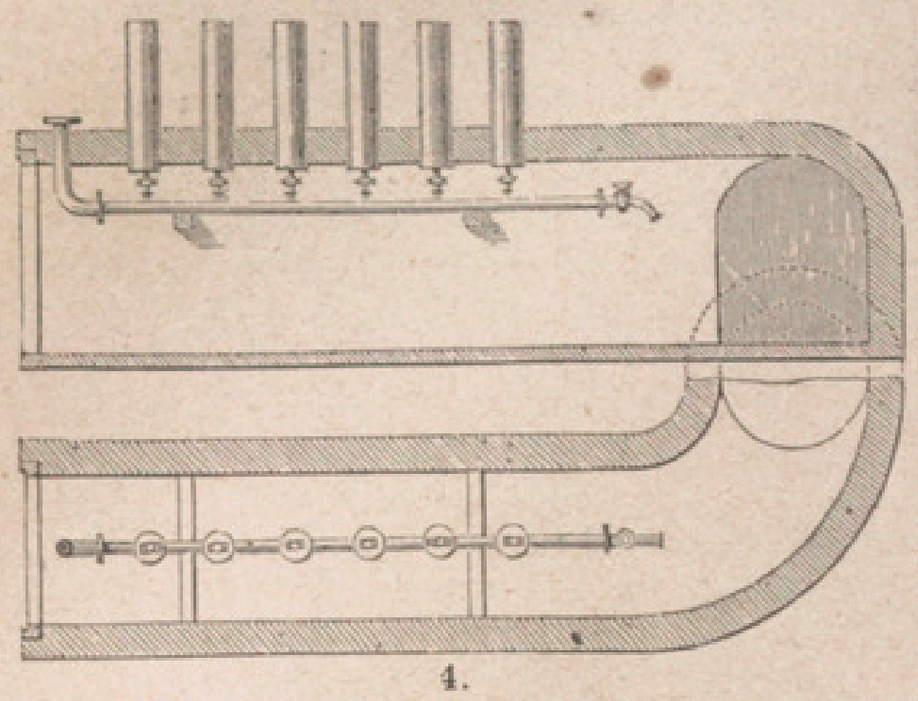
Nous nous servons aussi avec économie, avantage, et avec toute la puissance nécessaire de la fumée du fourneau de chauffage des petites prisons, pour déterminer, dans la cheminée d'appel, une ventilation très-puissante. Nous reviendrons sur cette question en parlant des prisons.

S'il était impossible de placer le foyer au point le plus bas de la cheminée d'appel, il faudrait l'en rapprocher le plus possible et amener le courant d'air directement dessus ou même dessous le foyer, placé alors sur une grille.

On obtient aussi une économie considérable de combustible quand on en brûle directement dans la cheminée, comme dans toutes les mines, au lieu d'employer un appareil d'appel intermédiaire en métal, et recevant par transmission la chaleur produite, loin de là, par une chaudière à eau ou à vapeur.

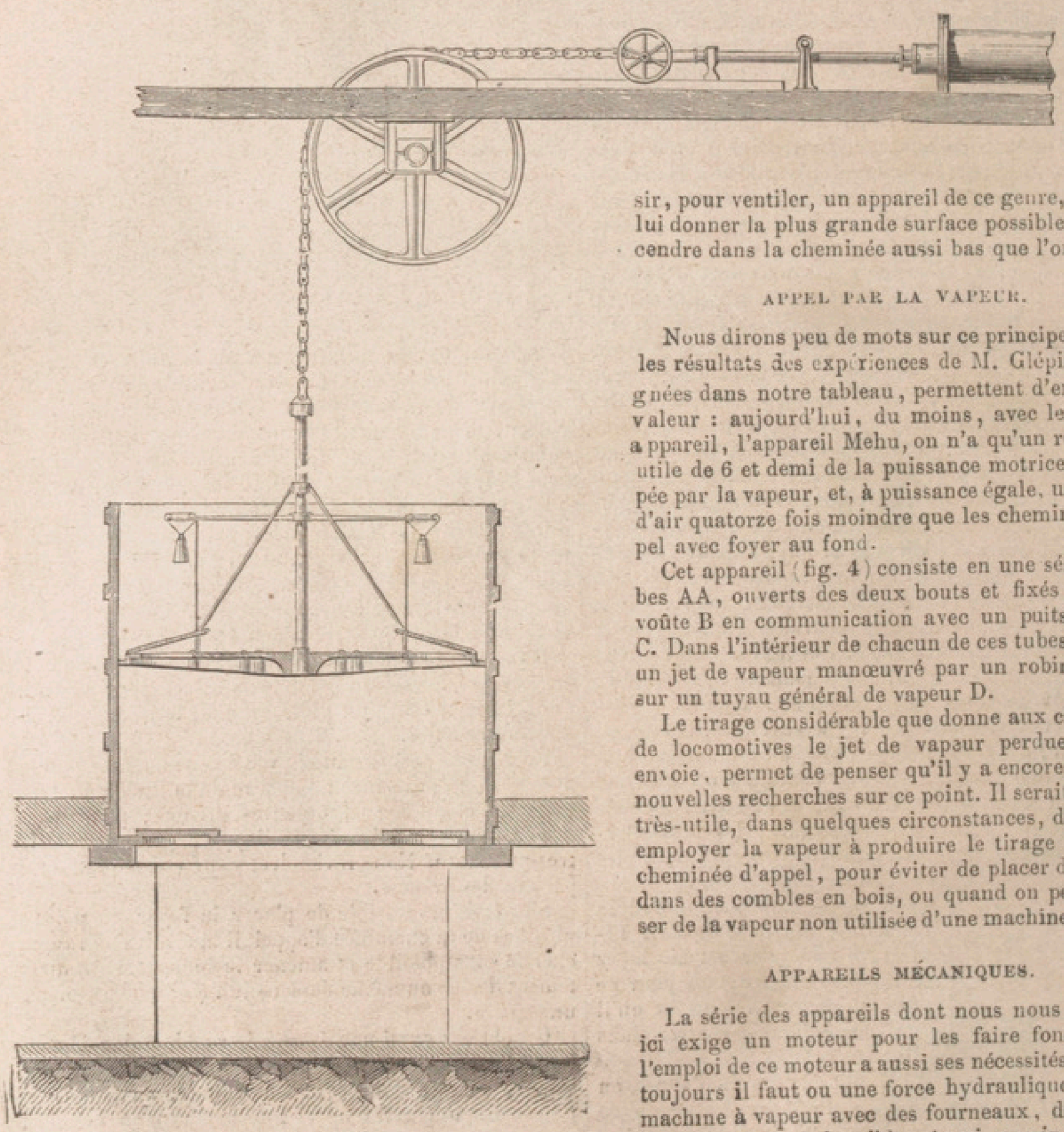
Dans le premier cas, la totalité de la chaleur développée par la houille qui brûle, est utilisée directement, sans intermédiaire et sans perte, à chauffer l'air

de ventilation, et les 7000 calories que dégage chaque kilogramme de houille en brûlant, suffisent pour



4.

échauffer de 20 degrés 1076 mètres cubes d'air. Tandis qu'au contraire, si on emploie pour appareil d'appel



5.

dans la cheminée, un système métallique qui reçoive, ou de l'eau chaude ou de la vapeur envoyée d'un point éloigné, il est évident qu'une forte proportion de

la chaleur développée par le combustible. c'est-à-dire 40 pour 100 au moins de la chaleur totale, est emportée avec la fumée de l'appareil chauffant, et ne sert pas à la ventilation. Un kilogramme de houille ne peut donc plus échauffer de 20 degrés que 646 mètres cubes d'air environ.

Il faut, de plus, des surfaces métalliques considérables pour chauffer l'air de ventilation qui passe trop rapidement, et qu'on ne peut pas faire circuler dans les carneaux, autour de ces appareils, parce que sa force vive est très-faible.

Dans le système d'appel de M. Léon Duvoir, ces défauts se trouvent réunis; l'appareil ventilateur est en métal et reçoit de l'eau échauffée dans les caves: il est, de plus, placé en haut des bâtiments, et, par conséquent, avec des cheminées très-courtes.

Ainsi, pendant l'hiver, le foyer est employé en même temps au chauffage, et la quantité de combustible que l'on brûle étant considérable, la ventilation doit être bonne; mais en été, où la quantité de combustible brûlé pour le service des fourneaux d'office est très-faible, la ventilation doit décroître considérablement.

Aussi, quand il y aura une utilité spéciale à choisir, pour ventiler, un appareil de ce genre, il faudra lui donner la plus grande surface possible et le descendre dans la cheminée aussi bas que l'on pourra.

APPEL PAR LA VAPEUR.

Nous dirons peu de mots sur ce principe d'appel; les résultats des expériences de M. Glépin, consignées dans notre tableau, permettent d'en juger la valeur : aujourd'hui, du moins, avec le meilleur appareil, l'appareil Mehu, on n'a qu'un rendement utile de 6 et demi de la puissance motrice développée par la vapeur, et, à puissance égale, un volume d'air quatorze fois moindre que les cheminées d'appel avec foyer au fond.

Cet appareil (fig. 4) consiste en une série de tubes AA, ouverts des deux bouts et fixés dans une voûte B en communication avec un puits de mine C. Dans l'intérieur de chacun de ces tubes est placé un jet de vapeur manœuvré par un robinet ajusté sur un tuyau général de vapeur D.

Le tirage considérable que donne aux chaudières de locomotives le jet de vapeur perdue qu'on y envoie, permet de penser qu'il y a encore lieu à de nouvelles recherches sur ce point. Il serait toujours très-utile, dans quelques circonstances, de pouvoir employer la vapeur à produire le tirage dans une cheminée d'appel, pour éviter de placer des foyers dans des combles en bois, ou quand on peut disposer de la vapeur non utilisée d'une machine motrice.

APPAREILS MÉCANIQUES.

La série des appareils dont nous nous occupons ici exige un moteur pour les faire fonctionner: l'emploi de ce moteur a aussi ses nécessités. Presque toujours il faut ou une force hydraulique, ou une machine à vapeur avec des fourneaux, des chauffeurs et son combustible. Aussi ces instruments d'appel ne peuvent-ils être employés que pour de grandes ventilations, à moins que, comme dans les prisons, on n'ait gratuitement, par les détenus, la main d'œuvre motrice nécessaire

Tous les moteurs ont aussi des exigences forcées d'arrêt pour le nettoyage et le graissage de la machine à vapeur, et pendant ce temps, l'appel produit par l'instrument ventilateur est entièrement supprimé.

Il y a cependant des conditions spéciales qui imposent ce système, par exemple dans certaines mines, où l'air qui a circulé dans les galeries est tellement chargé de grisou, qu'on serait exposé à des explosions, en le faisant passer sur un foyer allumé au fond de la cheminée d'airage, ou bien lorsque les parois du puits d'airage sont trop chargées d'eau et donneraient un résultat désavantageux avec un foyer au bas du puits [1].

On les emploie encore quand on a besoin d'appeler des volumes considérables d'air, qui exigeraient dans la cheminée d'appel une surélévation de température, qui croit beaucoup plus rapidement que les volumes d'air enlevés.

Dans la comparaison des deux systèmes, la ventilation mécanique et celle par cheminée d'appel, on calcule ordinairement le travail mécanique dépensé dans les deux cas, ce qui donne un avantage immense à la ventilation mécanique. Mais, dans l'industrie, c'est le coût en argent du mètre cube d'air enlevé par les deux ventilations qu'il faut prendre, en tenant compte des dépenses d'établissement très-dispendieuses avec deux machines et de deux appareils d'appel; des journées de deux chauffeurs, des frais d'entretien et de réparation : toutes dépenses très-lourdes. Tandis qu'avec un foyer d'appel, ces frais sont très-peu de chose. Notre tableau montre que la ventilation la plus économique est celle par une cheminée avec foyer en bas.

Il en est autrement quand on a le moteur gratuitement comme nous le dirons pour l'hôpital Lariboisière, et qu'il n'y a pas d'inconvénient à arrêter de temps en temps la ventilation pour graisser ou nettoyer la machine.

Mais, à Mazas, si depuis trois ans on avait arrêté la ventilation deux fois par vingt-quatre heures pour graisser la machine, les cellules auraient été infectées deux fois par jour par le tuyau de descente, et le système aurait été condamné sans retour.

VENTILATION.

Il y a aussi des conditions locales qui font prendre un système plutôt qu'un autre.

MACHINES ASPIRANTES A PISTONS.

Ces machines (fig. 5) consistent en deux grands cylindres en bois cerclés de fer A, et dans lesquels montent et descendent des pistons en bois B conduits soit par des tiges et un balancier, soit par des chaînes C.

Le mouvement alternatif est transmis aux tiges de piston par une machine à vapeur D, tantôt verticale, tantôt horizontale.

De larges soupapes E sont ajustées dans les fonds en bois de ces cylindres, pour laisser entrer l'air qui arrive par dessous, quand les pistons montent, et d'autres, F, dans les plateaux des pistons, pour le laisser sortir, quand les pistons descendent.

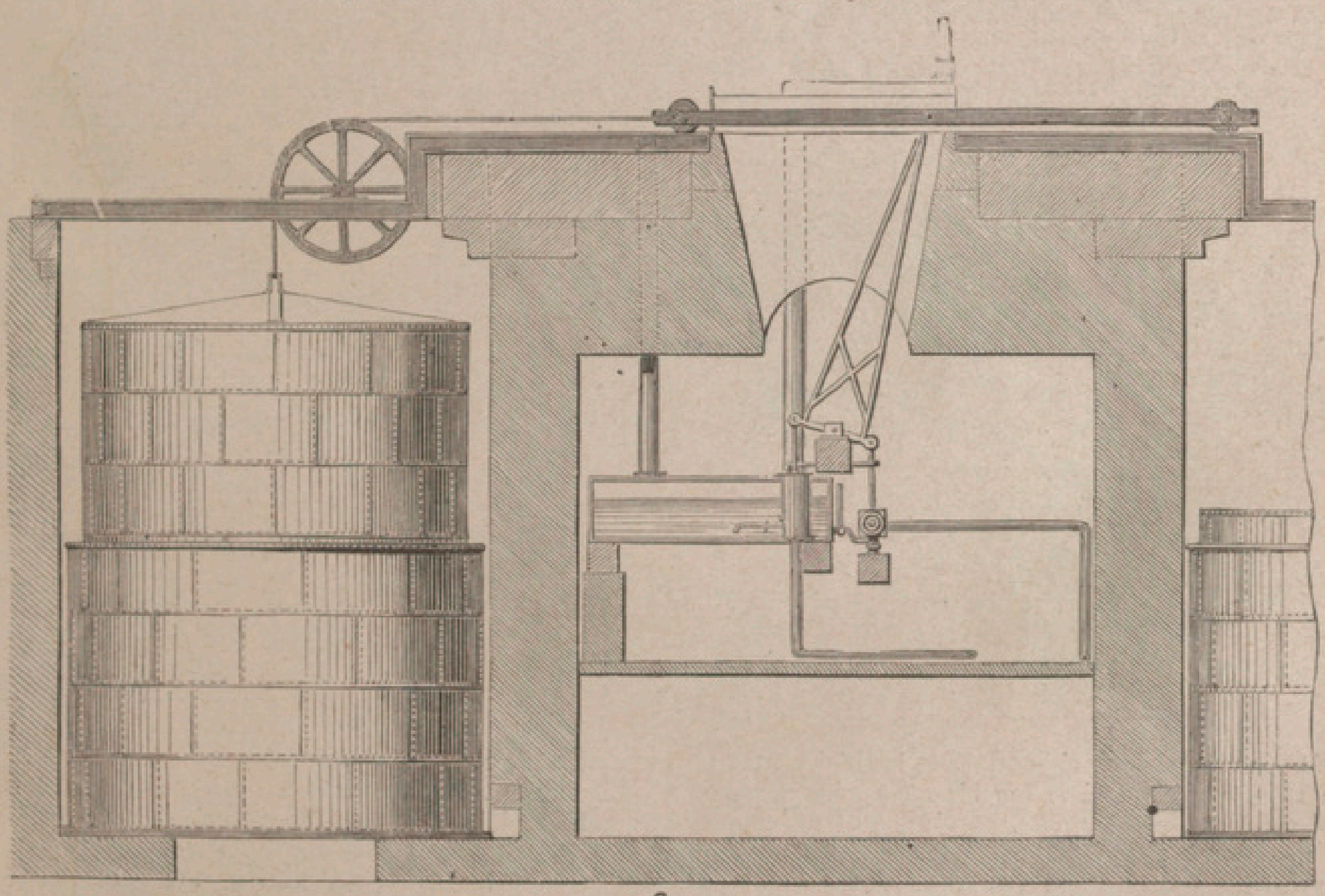
C'est le procédé mécanique le plus anciennement employé dans les mines. Le volume moyen d'air extrait par heure et par force de cheval est de 1242 mètres cubes, et par kilogramme de houille brûlée, 250 mètres cubes.

MACHINES ASPIRANTES A CLOCHE PLONGEANTE.

Cette machine (fig. 6), employée d'abord au Hartz, a reçu depuis peu de temps d'importantes modifications en Angleterre.

Deux caisses circulaires en tôle AA sont placées au sommet de la galerie d'airage; ces caisses sont fermées en dessus par un fond, et ont chacune à leur circonférence une gorge annulaire creuse B, ouverte par dessus et qu'on remplit d'eau. Dans cette gorge, qui forme une espèce de cuve de gazomètre, montent et descendent deux cloches de gazomètre en tôle CC, suspendues à leur centre par des chaînes qui se réunissent en une seule, passent sur deux poulies, et vont se fixer aux extrémités de la tige du piston d'une machine à vapeur horizontale E. Le dessus de la caisse fixe et celui des cloches en tôle sont percés d'un grand nombre d'ouvertures garnies de clapets en bois, équilibrés par des contre-poids.

Le travail de ces cloches est le même que celui des machines à piston, les clapets du fond fixe se soulè-



6.

vent pour laisser entrer l'air entre les deux fonds, quand la cloche monte; lorsque la cloche redescend, les clapets du fond supérieur laissent échapper l'air refoulé dans cette capacité.

Ainsi, les frottements des pistons de la machine aspirante à piston sont ici supprimés.

Les deux systèmes de machines aspirantes dont nous venons de parler, sont très-puissants; ils enlèvent des quantités considérables d'air. Mais il est facile de voir que les machines à piston, à cause des frottements du piston, qui sont, comme on le sait, très-grands, absorbent une puissance mécanique considérable. L'une de ces machines emploie 24 chevaux pour donner 16 mètres cubes par seconde; et l'autre 23 chevaux 1/2 pour en donner 4 1/2. En somme, le volume moyen d'air extrait par les machines à piston est seulement de 124 mètres cubes par cheval, quand avec les cloches plongeantes, il est de 314, et le prix d'extraction des 1000 mètres cubes est avec les premières de 9^{c},3, et avec les secondes de 3^{c},8, c'est-à-dire moins de moitié.

Les cloches plongeantes ont donc une supériorité marquée sur les machines à piston.

Quant aux frais d'établissement, ils sont à peu près les mêmes pour *les deux systèmes*.

VIS PNEUMATIQUES DE M. MOTTE.

Ces appareils sont très-simples de disposition, ne coûtent pas cher et n'exigent pas de constructions considérables (fig. 7).

Une vis qui débite 9 mètres cubes par seconde, ne

en fonte EF, au milieu duquel elles tournent. Ce cylindre est ouvert par le fond pour laisser l'air arriver à l'appareil hélicoïde, et celui-ci est libre à la partie supérieure, pour verser directement cet air au dehors.

Suivant le constructeur, quand la vis a deux cloisons, le pas des hélices doit être égal à la moitié du diamètre du cylindre.

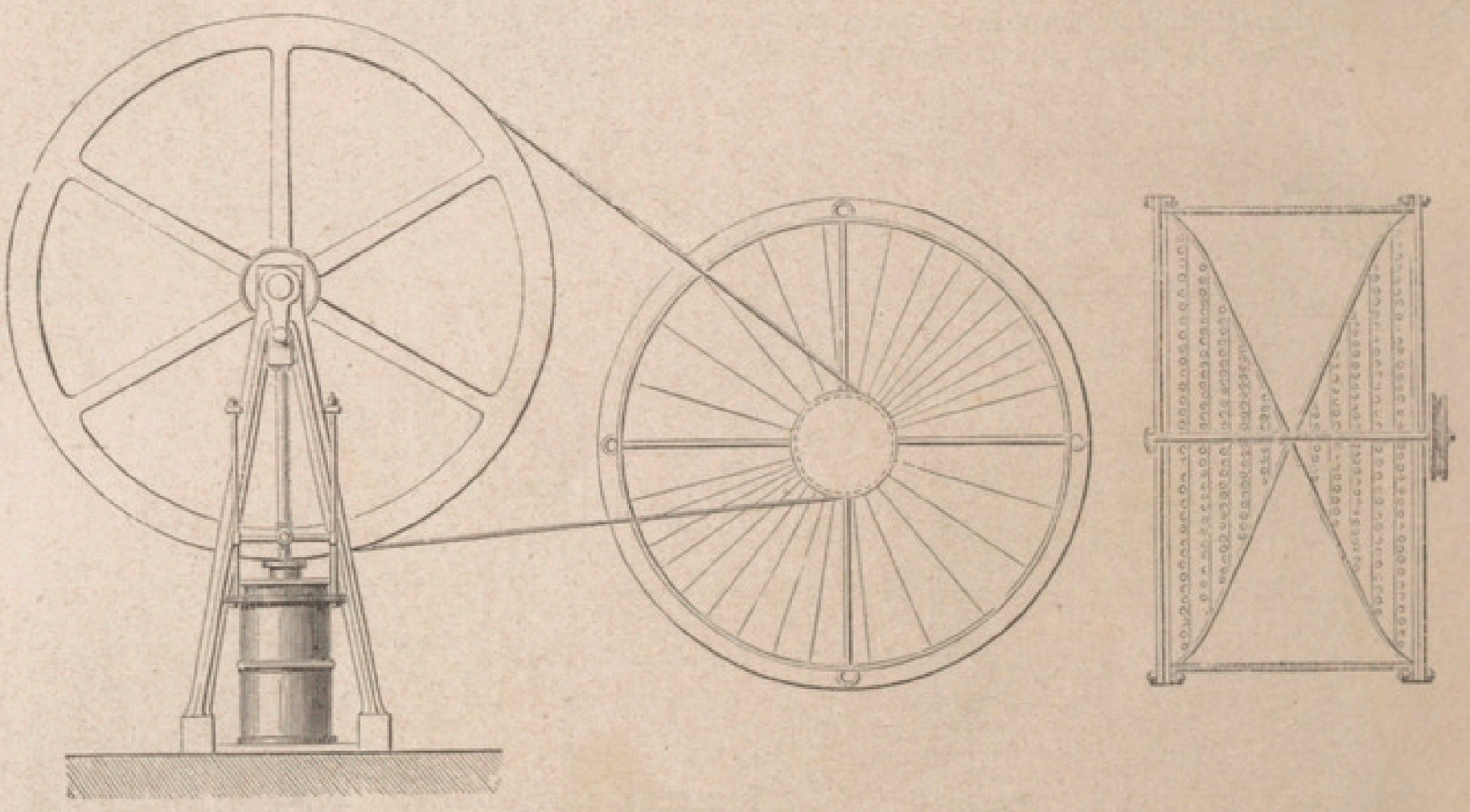
La vis de Sauwartan n° 14 a 1^{m},40 de diamètre et fait 460 révolutions; celle de Monceaufontaine a 0^{m},80 de diamètre et fait 750 tours par minute.

Celle du Chatelet a 1^{m},20 de diamètre et fait 290 tours; enfin celle de la fosse Buchère, qui débite 7 mètres cubes par seconde, a 3 mètres de diamètre avec 189 tours.

Cet appareil doit rendre de grands services; il est facile à placer dans des cheminées circulaires, ce qui est très-avantageux dans beaucoup de cas, et il peut évacuer directement l'air, sans changer la direction de la colonne aspirée comme l'appareil qui suit.

VIS A HÉLICE DE SABLOUKOFF.

Le lieutenant général russe A. de Sabloukoff, après avoir fait de nombreuses applications industrielles du ventilateur à air, a construit en 1835, dans le même but, des espèces de *vis d'Archimède* ou *appareils aspirateurs à hélice*, aussi simples que légers, avec un axe en fer, un tambour en bois et une hélice en tôle ou en toile collée sur des baguettes. Il a remarqué que la possibilité de donner de grands diamètres à cet appareil lui permettait d'extraire des volumes considérables d'air, et avec des vitesses beaucoup moindres que celles des



7

coûte pas avec deux chaudières et les bâtiments, plus de 10,000 fr., quand la machine à cloche plongeante qui ne donne que 5$^{m.c.}$,42, en coûte 28,000, et quand la machine à piston du Grand-Buisson, qui en donne 5$^{m.c.}$975, coûte plus de 63,000. fr.

Les produits en volume d'air de ces appareils sont aussi très-réguliers, comme le démontre notre tableau; on voit que trois de ces vis donnent par force de cheval 3143, 3147 et 3672 mètres cubes. En laissant de côté la vis de Monceaufontaine, dans l'observation de laquelle il y a certainement une erreur.

Ces vis sont composées d'un axe vertical en fer A, en communication par un bout avec les puits à aérer.

Sur cet axe sont fixées deux cloisons hélicoïdes CD placées avec l'axe dans l'intérieur d'un tambour fixe ventilateur *s*. L'hélice doit faire un tour complet, pour prévenir le tremblement qui, sans cette précaution, se manifeste dans l'appareil fonctionnant. La longueur de l'hélice doit être égale à son diamètre.

On supprime souvent l'enveloppe, en plaçant l'hélice sur l'ouverture même qui communique à la capacité à ventiler.

VENTILATEURS.

Il y a des ventilateurs de deux systèmes principaux, le ventilateur à palettes droites, et celui à ailes courbées de M. Combes. Le ventilateur est composé d'un axe tournant sur des supports, et recevant par une poulie le mouvement d'un moteur : sur cet axe sont ajustées un certain nombre de palettes à air.

11

Le système tourne dans un tambour percé à son centre d'une ou de deux ouvertures, et ayant à la circonférence un tuyau de départ établi suivant la tangente au tambour, et à travers lequel s'échappe, à la circonférence, l'air qui a été aspiré par les ouvertures des centres, sous l'action du mouvement centrifuge de l'appareil qui tourne. En effet, pour bien fonctionner, cet appareil doit avoir une très-grande vitesse.

Pour aspirer l'air contenu dans une capacité, on met le centre du tambour en communication avec cette capacité par un tuyau d'un diamètre au moins égal à celui de l'ouverture du tambour. Le mouvement de rotation que reçoivent l'axe et les palettes du ventilateur, imprime à l'air contenu dans le tambour une vitesse et par suite une force centrifuge très-grande qui le forcent à s'échapper par l'ouverture tangentielle pratiquée à sa circonférence extérieure ; il se fait ainsi un vide dans le système, et pour remplir ce vide, l'air à enlever s'y précipite à travers les ouvertures pratiquées au centre.

Les ventilateurs ont depuis longtemps les emplois les plus importants, tantôt comme machines aspirantes, tantôt comme machines soufflantes. C'est avec ces ventilateurs de 0,25 de largeur et de 1,20 de diamètre, et faisant 1000 à 1200 tours, que l'on souffle les cubilots à fondre la fonte destinée aux pièces mécaniques ou à d'autres objets.

Les tarares à nettoyer les blés sont munis de ventilateurs ; on s'en sert dans les poudreries pour faire traverser aux couches de poudre l'air chaud qui doit les dessécher. Ils ont été beaucoup employés dans les magnaneries, soit comme aspiration, soit comme refoulement, pour renouveler l'air vicié.

Les ventilateurs ont un avantage : ils sont simples et économiques d'établissement, coûtent peu d'entretien ; mais leurs conditions normales de construction, leurs produits, la puissance qu'ils exigent et surtout le rapport du volume théorique au volume réel d'air débité, à diverses vitesses, ne sont pas encore bien constatés. M. Morin a commencé des séries d'expériences sur cette question importante. On doit désirer vivement qu'il les complète.

Quoique les ventilateurs aient déjà de nombreux emplois, il y a de grandes inégalités de puissance absorbée, de produit et de rendement utile dans les ventilateurs essayés par M. Glépin (Expériences nos 17 à 27). Le ventilateur Combes (n° 24) est celui qui a rendu le plus, 750 mètres cubes d'air par kilogramme de houille brûlée.

Il n'y a pas de formule pratique pour établir des ventilateurs, comme on en a pour les autres instruments

Il faut donc prendre les dimensions, et les vitesses essayées et leurs produits, pour servir de règle.

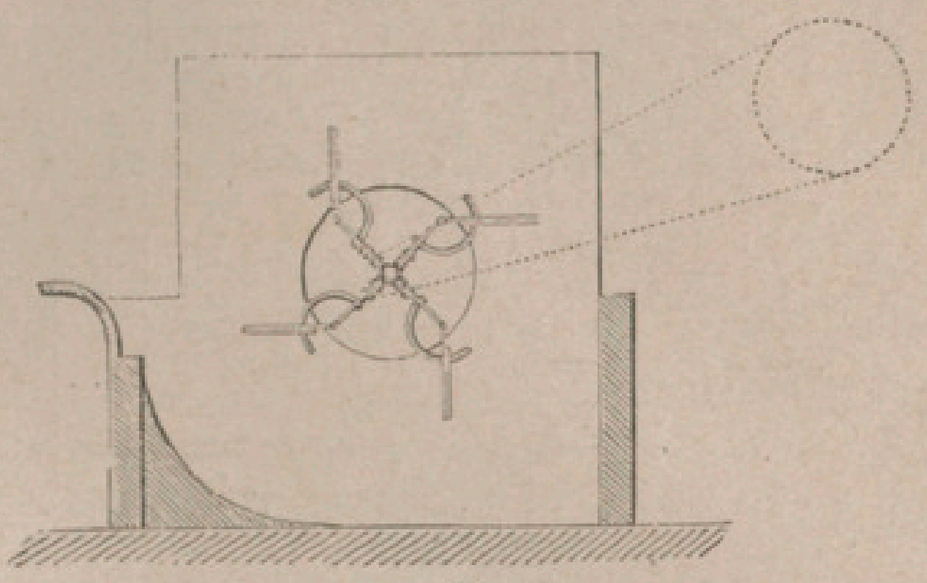
Nous donnons ici la description et les dimensions du ventilateur à ailes planes de M. Letoret (n° 19), placé sur la fosse n° 3 de l'Agrappe et Grisœil ; et de celui (n° 24) à ailes courbes, système Combes, placé sur la fosse n° 5 du Grand-Hornu, qui rendent le plus de produits et d'effet utile.

Le ventilateur Letoret (n° 19) (fig. 8) est composé de quatre ailes rectangulaires en tôle AA, boulonnées chacune contre deux montants en fer forgé, qui sont réunis par articulation aux extrémités de quatre paires de bras fixés à angle droit sur l'arbre tournant B, ce qui permet de leur donner une inclinaison convenable sur le bras du ventilateur, inclinaison déterminée une fois pour toutes par expérience. Des demi-cercles fixés aux bras et traversant les ailes servant à les régler.

Le ventilateur est placé à l'air libre, dans une enceinte rectangulaire en maçonnerie C, dont les faces longitudinales, traversées par les extrémités de l'arbre, sont percées chacune d'une ouverture circulaire D qui met le ventilateur en communication avec les travaux à ventiler.

Les deux autres faces de la maçonnerie ne sont pas plus élevées que l'axe du ventilateur.

A égale distance des deux faces longitudinales est fixé sur l'arbre un diaphragme en tôle qui sépare les



8.

deux courants arrivant de chaque côté du ventilateur, de manière qu'ils ne puissent pas se contrarier l'un l'autre.

Une petite poulie en bois transmet à l'arbre du ventilateur le mouvement d'une machine à vapeur horizontale placée près de là.

Dimensions du ventilateur Letoret.

Longueur des ailes.	0m,80
Largeur des ailes parallèlement à l'axe.	0 ,98
Longueur des bras depuis le centre de l'arbre jusqu'au centre de l'articulation des montants qui supportent les ailes.	0 ,75
Diamètre des ouvertures centrales d'arrivée d'air.	1 ,30
Espace libre entre les tranches latérales des ailes et les cloisons longitudinales en maçonnerie.	0 ,05
Angle formé par les ailes et les bras. .	110°
Vitesse du ventilateur.	144 rév.

Ce ventilateur prend 5 chevaux 24 pour débiter par heure 14,213 cubes d'air, et rend 20 p. 100 d'effet utile.

Ventilateur Combes à ailes courbes, du puits n° 5 du Grand-Hornu (n° 24) (fig. 9).

Rayon de la circonférence intérieure du ventilateur, à l'origine des ailes.	0m,68
Rayon de la circonférence extérieure à l'extrémité des ailes la plus éloignée de l'axe	0 ,85
Hauteur des ailes à l'entrée des canaux mobiles.	0 ,34
Nombre d'ailes.	3
Vitesse angulaire à imprimer.	69m,385
Hauteur des ailes à la sortie des canaux mobiles	0 ,335
Angle formé par l'origine des ailes et la tangente à la circonférence du rayon intérieur.	6°,39
Nombre de tours en une minute	542

Ce ventilateur, construit par M. Glépin lui-même, était calculé pour débiter 8 mètres cubes d'air par seconde, à 706 révolutions par minute, il n'a pu, faute d'une puissance suffisante, marcher qu'à 463 tours et débitait alors 4m,062 cubes d'air par seconde.

Une des conditions les plus importantes de construction de ces appareils, est que les canaux qui leur amènent l'air à évacuer ne soient ni trop étroits ni étranglés de place en place, ni coudés à angles droits Les

ventilateurs ne peuvent pas produire un vide très-grand. Quand la colonne d'air aspirée rencontre trop de

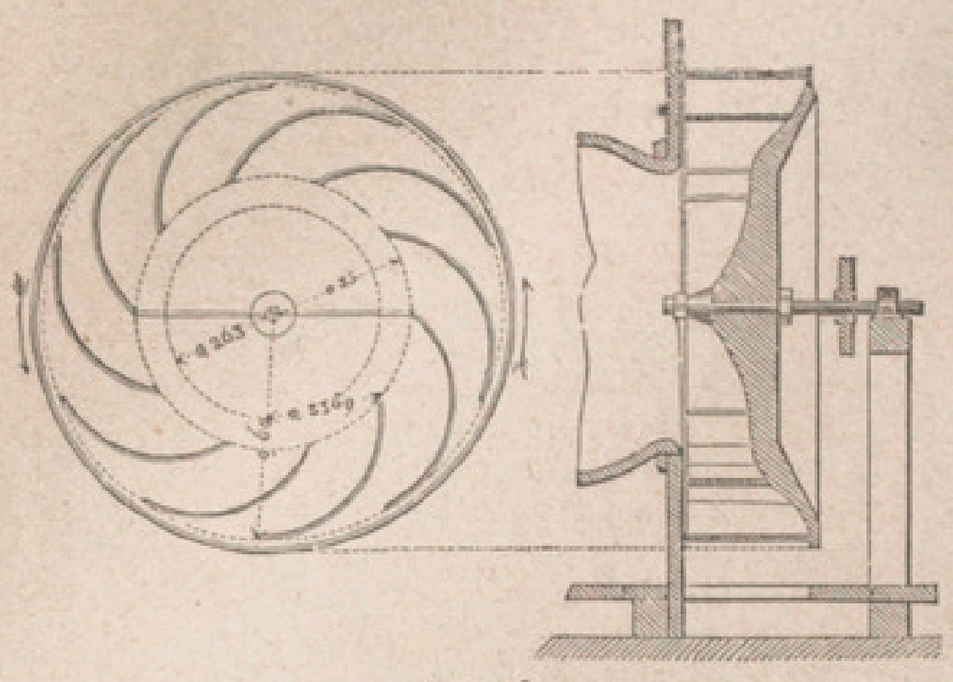


Fig. 9.

résistances, le ventilateur ne débite plus que très-peu de chose.

La vitesse de l'air, dans ces conditions d'appel, ne doit pas être au-dessus de 0,80 par seconde s'ils ont de

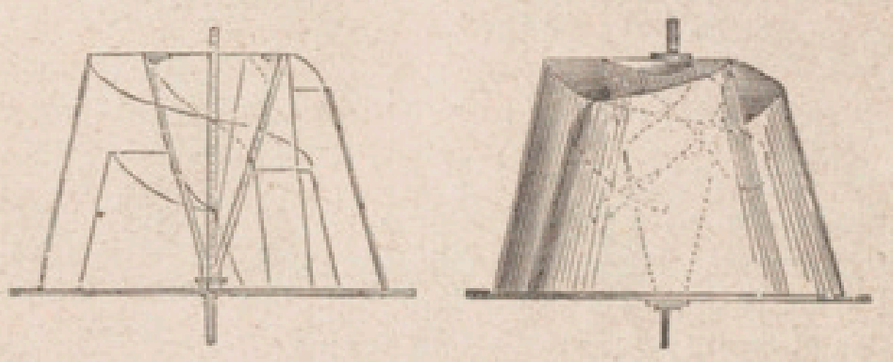


Fig. 10.

grandes dimensions, et 1,50 et au-dessous pour de petites sections.

Ce n'est que pour de très-faibles pressions que les ventilateurs peuvent être appliqués à mouvoir de très-grands volumes d'air.

Pour la *ventilation soufflante* on donne des dimensions beaucoup plus petites aux tuyaux qui conduisent aux cubilots et aux forges l'air lancé par les ventilateurs; mais c'est pour que cet air arrive dans les foyers avec une très-grande vitesse, et cette vitesse ne s'obtient qu'en faisant naître une pression notable, ce qui entraîne une grande consommation de travail. (Voy. MACHINES SOUFFLANTES.) Suivant M. de Saint-Léger, les ventilateurs de fonderie exigent 4 chevaux-vapeur pour

débiter 3000 mètres cubes d'air par heure avec 500 tours, 1m40 de diamètre et 0m,35 de largeur, quand les bons ventilateurs des mines donnent, avec de petites vitesses 3700 à 3800 mètres cubes par force de cheval à l'heure.

Quand on emploie, ce qui est rare, des ventilateurs agissant par insufflation, pour ventiler des édifices ou des ateliers, l'économie de puissance motrice et d'usure d'outils étant la première condition à remplir, il faut donner une grande section aux tuyaux en métal en maçonnerie, qui vont distribuer l'air dans toutes les salles à ventiler, etc.

La vitesse dans ces tuyaux ne doit pas dépasser 1m,25 ou 1m,50 par seconde pour les gros tuyaux, et 0m,50 pour les petits.

VENTILATEUR PASQUET
(Ingénieur civil à Charleroi).

Ces ventilateurs (fig. 10) inventés par M. Pasquet, sont formés de deux cônes en tôle, dont les bases sont opposées l'une à l'autre; ils sont montés tous deux sur un même axe; trois ou six ailes coniques enveloppent le cône central et autant de rampes héliçoidales serpentent autour du dernier cône, et forment avec les ailes trois canaux mobiles qui vont déboucher à l'intérieur. La vitesse varie de 20 à 30 révolutions.

Ce système agissant directement sur l'air, en faisant naître des remous et des résistances, vu surtout sa vitesse de rotation assez grande, est bien inférieur au suivant.

ROUE PNEUMATIQUE OU VENTILATEUR DE M. FABRY.

M. Fabry, sous-ingénieur des mines en Belgique, a trouvé une disposition fort originale d'appareil d'appel mécanique; sa construction repose sur les principes appliqués dans les engrenages dont nous donnons un tracé (fig. 11). Il se compose de deux tambours en tôle, ou plutôt de deux roues à trois dents A et B montées sur deux arbres en fer C et D, engrenant l'une dans l'autre avec un léger frottement, et mues par deux engrenages de même diamètre.

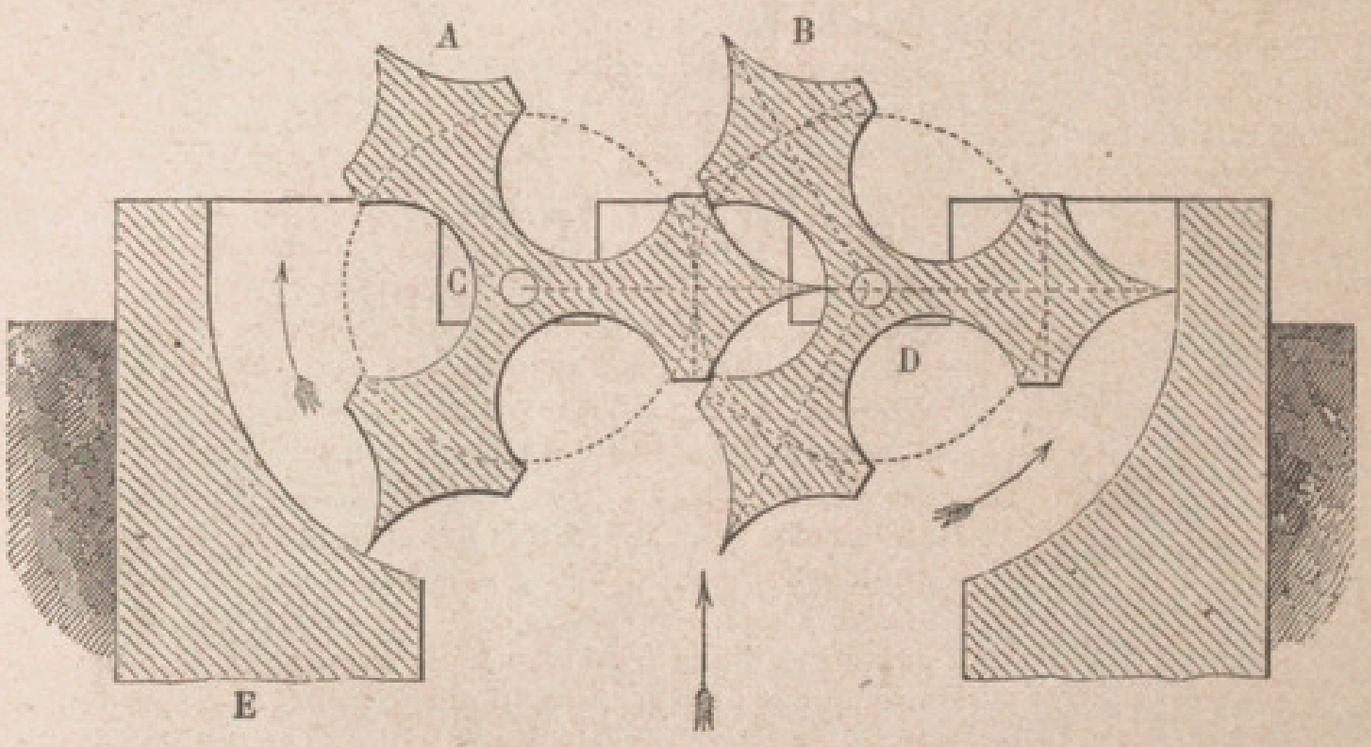


Fig. 11.

Ces tambours se meuvent dans deux coursiers circulaires en fonte E et F, en communication avec la mine par leur partie inférieure et avec l'atmosphère par leur partie supérieure.

Les deux dents qui engrènent sont toujours en contact par une arête, et les parties frottantes ont une courbure épicycloïdale; par conséquent, l'air de la mine rejeté dans l'atmosphère par les deux extrémités de l'appareil ne peut jamais rentrer par le milieu, excepté, bien entendu, celui qui occupe les espaces nuisibles et celui qui peut s'infiltrer entre les extrémités des ailes et le coursier.

Le tout est commandé ordinairement par une machine à vapeur horizontale à mouvement très-simple.

Avec une largeur de coursier de.	2 mètres.
Chacun des tambours ayant de diamètre.	1
Leur vitesse est par minute seulement de.	30 tours.

Le volume d'air évacué alors varie de 7 à 8 mètres cubes.

Ces appareils sont déjà employés dans un assez

grand nombre de mines en Belgique et dans le département du Nord.

Les résultats pratiques qu'ils ont donnés sont supérieurs, comme rendement utile, à ceux de tous les appareils mécaniques employés jusqu'à ce jour à la ventilation des mines.

Dans deux expériences auxquelles il a soumis une roue pneumatique placée au puits des Échelles, attenant à la fosse d'extraction n° 3 du charbonnage du Gouffre, près Charleroi, M. Glépin a constaté les résultats suivants :

Première expérience.

	Tours.
Vitesse du tambour par minute.	31t,40
Volume d'air débité.	8m.c,108
Colonne d'air représentant la dépression manométrique à l'intérieur du puits.	40m,986
Travail net utilisé.	5ch,27
Travail moteur dépensé, ...	9 ,92
Rapport de l'effet utile.	0,541

Seconde expérience.

Dans la seconde expérience, M. Glépin a intercepté en partie le passage de l'air dans le puits d'appel.

La vitesse a été encore de.	31t,40
Le volume débité est tombé à.	7m.c,056
Colonne d'air représentant la dépression manométrique	62m,55
Travail utile du ventilateur.	7 chev.
Travail moteur dépensé.	11ch,53
Rapport d'effet utile	67,1
Le rendement moyen de l'effet utile est de.	0,60

M. Glépin fait remarquer avec beaucoup de raison que la roue pneumatique, bien que coûtant un peu plus cher d'établissement que quelques autres instruments d'extraction d'air, par son grand rendement utile qui est de 50 à 60 pour 100 du travail brut qu'on lui applique, revient en somme moins cher, à volume égal d'air enlevé, ce qui est en effet le véritable terme de comparaison. Cette machine a un autre avantage, c'est que, fonctionnant avec une vitesse régulière beaucoup moindre que les ventilateurs à force centrifuge, elle est beaucoup moins exposée aux accidents et aux arrêts.

C'est ce qui explique la rapide propagation des roues pneumatiques en Belgique et même en France.

Ces outils ont été l'objet d'un excellent rapport, fait par M. Callon, à la Société d'encouragement.

Les cheminées d'appel, comme les machines à piston et à cloche, et les vis pneumatiques ne peuvent s'appliquer qu'à un seul système de ventilation, celui *par aspiration*. Mais les ventilateurs sont employés comme instruments tantôt d'aspiration tantôt de refoulement.

Le choix entre ces deux systèmes de ventilation dépend entièrement des conditions locales.

La dépense de force motrice est la même dans les deux cas ; seulement, avec les ventilateurs refoulants, on peut donner plus de vitesse à l'air ventilé et par conséquent des dimensions moindres au tuyau de distribution, ce qui est quelquefois important.

La rigoureuse répartition de la ventilation, quand on a un très-grand nombre de salles différentes à ventiler, serait impossible avec l'insufflation, pour les 1200 cellules de Mazas par exemple, où cette perfection de répartition s'obtient facilement par l'aspiration centrale. Dans un grand édifice où le nombre des salles n'est pas si considérable, dans un hôpital, par exemple, la ventilation par insufflation a des avantages. Elle permet de prendre à un point élevé, et en dehors de toutes les émanations délétères de l'édifice, de l'air parfaitement pur, de l'envoyer en quantités rigoureusement réglées dans chaque salle, de continuer à ventiler, en été, avec de l'air rafraîchi dans les caves même

quand les fenêtres des salles sont ouvertes, ce que les autres systèmes ne permettent pas. Elle s'oppose en même temps à ce que l'air infecté d'un bâtiment voisin ne soit appelé par les fenêtres ouvertes. Il y a là un autre avantage que donne la ventilation gratuitement, c'est que la vapeur perdue du moteur qui conduit le ventilateur, est utilisée totalement, soit en hiver au chauffage des salles, soit en été au chauffage des bains. Nous donnerons plusieurs exemples pratiques de ventilation par insufflation.

De plus, les appareils et conduits pour ventiler par insufflation coûtent plus cher d'établissement que ceux par appel mécanique.

La ventilation mécanique coûte souvent plus cher que la ventilation par appel dans certains cas.

Comme le choix entre ces divers systèmes d'appel dont nous avons tracé rapidement les conditions principales, entre la ventilation par aspiration et celle par insufflation, ne peut pas être absolu, c'est l'expérience de l'ingénieur et la connaissance des conditions locales du problème à résoudre qui peuvent seules le guider.

Quand le choix est bien fait, tout vient se coordonner facilement, et les résultats arrivent dans toute leur bonté et leur développement. En thèse générale, la ventilation par des cheminées d'appel a un grand caractère de sécurité et de régularité. Il faut donc que la ventilation mécanique ait, dans diverses circonstances, des avantages d'économie, de facilité d'installation ; que l'établissement d'une cheminée d'appel soit difficile, ou que la ventilation mécanique soit seule applicable, comme dans les ateliers de taille des cristaux, pour qu'on adopte les moyens mécaniques.

C'est l'étude des applications qui montrera comment on doit se guider dans cette décision importante, et la manière d'organiser ces services.

Ce sont ces graves questions que nous allons aborder.

APPLICATIONS.

Avant de développer les grandes applications pratiques des principes *et des conditions* de la ventilation aux divers genres d'établissements, nous devons résumer succinctement les bases scientifiques des calculs qui règlent la ventilation, et qui ont servi à déterminer certaines unités adoptées pour les différents services.

On remarquera que, comme dans l'article *chauffage*, nous nous sommes abstenus ici de tout élément théorique, adoptant la pratique pour notre seul guide, et prenant, autant que possible, nos exemples dans les faits dont elle a constaté les bons résultats.

Maintenir une salle, une école, un amphithéâtre salubres, c'est leur enlever d'abord, à mesure qu'ils se produisent, les éléments nuisibles à la santé ou au fonctionnement des organes des êtres vivants ; c'est leur rendre, à mesure des besoins, la portion de diverses substances, indispensables au jeu de ces organes, et qui sont emportées à chaque instant, soit par ces organes, soit par des phénomènes physiques ou chimiques qui se produisent dans la salle même.

Le grand agent de la ventilation est l'air qui enveloppe l'homme de toute part, et qui détruit instantanément la vie quand il est altéré dans de certaines limites qui sont très-rapprochées. En effet, l'air est composé, en outre d'une portion d'acide carbonique, variant de 0,0004 à 0,0006, de 79,20 parties d'azote, corps simple impropre à la respiration et à la combustion, et de 20,8 parties d'*oxygène*, qui, au contraire, donneraient à ces deux phénomènes une activité et une intensité sous l'action desquelles la vie, au lieu de se conserver, serait rapidement détruite.

Le mélange de ces deux éléments gazeux, dans les proportions atmosphériques, donne les conditions les plus favorables à la vie de l'homme et à la combustion

des corps, appliqués par nous à nos besoins journaliers et industriels.

L'homme vicie de plusieurs manières l'air dans lequel il est plongé : d'abord en l'inspirant et l'expirant, parce que l'air qui pénètre dans les poumons, à chaque inspiration, brûle une partie du carbone du sang veineux pour en faire du sang artériel, propre à entretenir la vie.

Cette combustion transforme en acide carbonique une partie de l'oxygène de l'air, tandis qu'une petite portion d'azote est absorbée.

Le nombre des inspirations de l'homme est, en moyenne, de 25 par minute, absorbant 0l,666 d'air chacune, ou 24 mètres cubes par vingt-quatre heures. - D'après M. Dumas, un homme adulte transforme en acide carbonique et en eau, en une heure, tout l'oxygène de 90 litres d'air, quantité équivalente à 10 grammes de carbone par heure. MM. Andral et Gavarret le portent à 11 grammes.

Suivant ces savants, la quantité inspirée par un adulte est environ de 450 litres, et l'acide carbonique produit est de 20 litres.

L'air expiré contient, en acide carbonique, 0,048.

L'air qui enveloppe l'homme est encore vicié par deux transpirations : la transpiration pulmonaire et la transpiration cutanée, qui chargent l'air expiré de 38 grammes de liquides mis en vapeur, qui exigent 5840 litres d'air pour être tenus en suspension, en admettant que cet air soit à 15 degrés et à moitié saturé.

Ainsi, en comptant 500 litres d'air inspirés par heure, et 6 mètres pour emporter les produits des deux transpirations, on arrive au chiffre de 7 mètres cubes d'air à ventiler, par heure et par individu.

Ce volume de 6 ou 7 mètres cubes, est celui que l'on a souvent adopté pour base de ventilation des édifices publics; mais la commission d'examen des projets de chauffage de la maison Mazas, dans les importantes expériences auxquelles elle s'est livrée pour régler le volume à renouveler par cellule, a déjà porté ce volume à 10 mètres, comme base du système à organiser.

Et, depuis, l'expérience pratique de ce système a prouvé que, pour que les détenus se trouvent dans des conditions de santé et de salubrité égales à celles qu'ils auraient dans des appartements sains, il leur fallait 20 mètres cubes par heure; c'est le volume qu'ont donné, en définitive, les appareils, comme nous le dirons plus loin, et que la commission d'hygiène de la maison Mazas a adopté pour *volume normal*.

C'est qu'en effet, d'après les observations de MM. Péclet et Dumas, d'après les travaux de M. le professeur Gavarret, la vapeur résultant de la transpiration contient des substances animales encore inconnues, très-facilement putréfiables, et qui infectent rapidement les locaux renfermés dans lesquels les hommes respirent, quand il n'y a pas de renouvellement d'air. D'où, par les mêmes causes, l'eau atmosphérique condensée et abandonnée à elle-même, entre promptement en putréfaction. Il est évident qu'en outre du volume d'air renouvelé pour remplacer celui que la respiration a altéré, il faut un excès considérable de ventilation pour emporter tous ces miasmes putrides.

Dans un hôpital, où les conditions les plus parfaites de salubrité doivent être maintenues, et où, au contraire, des maladies de toute nature et fort diverses sont placées les unes auprès des autres, et où, malgré le classement que l'on fait aujourd'hui des malades dans de petites salles isolées, de certains malades ou des agonisants répandent, malgré les soins les plus actifs, des odeurs et des miasmes très-dangereux pour leurs voisins de lit, il faut dans un hôpital la ventilation la plus énergique, il faut que le volume d'air soit tel qu'un malade ne puisse jamais sentir ces odeurs délétères, et il faut compter sur 30 ou 40 mètres cubes d'air par heure et par lit, et pouvoir aller, avec de certaines maladies et de certaines opérations, à 60 mètres cubes. Nous reviendrons sur ce point en parlant de la ventilation des hôpitaux.

Dans les écoles, de 6 à 10 mètres cubes sont suffisants pour les enfants, qui ne brûlent, par heure, que 5 grammes de carbone, c'est-à-dire un peu plus du tiers de l'adulte. Des expériences faites par M. Péclet prouvent en effet qu'avec 6 mètres cubes par tête, une école contenant 180 enfants est parfaitement salubre.

C'est que, quand des individus de même âge sont réunis dans une salle, la proportion de renouvellement d'air nécessaire à chacun d'eux peut diminuer un peu.

Dans la salle des séances des députés, il y avait à peu près 7 mètres cubes par tête, en ne comptant que l'air chaud versé par les appareils chauffeurs, et non pas l'air introduit par les portes, les joints des fenêtres; ce qui devait, en réalité, donner 10 mètres.

L'air des appartements est aussi altéré par les lumières qu'on y allume. Nous donnons ici, d'après M. Péclet, le poids des différentes substances éclairantes que l'on brûle en une heure, et le volume d'air nécessaire, en supposant l'air brûlé seulement au tiers.

Quantités d'air nécessaires aux différents appareils d'éclairage.

NATURE DE L'ÉCLAIRAGE.	CONSOMMATION de COMBUSTIBLE par heure.	VOLUME D'AIR dont $\frac{1}{3}$ de l'oxygène est absorbé.
Chandelle de 6 à la livre.....	11gr.	0m,322
Bougie.....	11	0 ,322
Lampe gros bec..	42	1 ,266

Les quantités de lumière dégagées par les substances sont entre elles comme les nombres 11, 14 et 100. M. Boussingault estime à 2 964 641 litres l'acide carbonique produit en vingt-quatre heures par les 909 126 habitants de Paris, à raison de 370 litres par homme, et par les 31 000 chevaux de cette ville, à raison de 4000 litres par cheval.

Population. . . .	336 777	mètres cubes.
Chevaux.	132 370	
Bois à brûler . .	855 385	
Charbon de bois.	1 250 700	
Houille.	314 215	
Cire.	1 071	
Suif.	25 722	
Huile	28 401	
Total. . .	2 944 641	mètres cubes.

VENTILATION DES LOGEMENTS.

Les appartements qui ont des cheminées allumées se trouvent ventilés naturellement, et en admettant que le tuyau de cheminée n'ait que 0m,32 de diamètre, comme la vitesse de l'air chaud peut s'élever jusqu'à 2 mètres, on peut débiter de 45 à 50 mètres cubes à l'heure, et suffire ainsi à huit ou dix personnes, mais non pas au delà.

Quand les pièces sont très-grandes et occupées par un petit nombre de personnes, même sans cheminée, elles sont salubres. Le renouvellement qui a lieu par les joints des fenêtres et des portes, est considérable.

Quant à l'air des salles chauffées, en Italie et en Espagne, par des braseros, la respiration en est d'autant

plus dangereuse qu'il contient de l'oxyde de carbone, que M. Leblanc a constaté avoir une puissance d'asphyxie bien supérieure à celle de l'acide carbonique.

Il se produit aussi dans l'acte de la respiration, par la combustion du carbone du sang veineux, un dégagement de chaleur très-important.

En prenant, avec M. Dumas, 10 grammes par heure pour la quantité moyenne de carbone brûlé par chaque homme, la quantité de chaleur émise par ce phénomène égale

$$0^k,010 \times 7300 \text{ calories} = 73 \text{ calories},$$
unités de chaleur.

Une partie de cette chaleur est employée à transformer en vapeur les liquides dégagés par les deux transpirations que nous avons vu être de 38 grammes, et il ne reste plus de disponible que $73 - 38 \times 650$, soit 43 calories.

Il est important de connaître les limites au-dessous desquelles l'air devient irrespirable.

M. Leblanc a reconnu qu'un chien de forte taille était asphyxié dans une atmosphère contenant 0,04 d'acide carbonique et seulement 0,005 d'oxyde de carbone.

Il est reconnu que 1/1500e d'hydrogène sulfuré tue les oiseaux.

M. Leblanc, dans ses belles et utiles recherches sur la composition de l'air tiré des mines de Bretagne et de Belgique, a constaté que l'air le plus altéré par l'effet de la respiration des ouvriers, et par la combustion des lampes, contenait 3 ou 4 pour 100 d'acide carbonique, et 4 ou 5 pour 100 d'oxygène de moins que la proportion normale.

Dans de l'air ainsi vicié, les lampes s'éteignent, la respiration des hommes est un peu gênée; mais cependant le travail est possible, tant que la proportion d'acide carbonique ne dépasse pas cette limite.

Dans une entaille de houillère, où l'on n'avait pas pénétré depuis longtemps, M. Leblanc a trouvé l'oxygène descendu au-dessous de 10 pour 100. Une pareille atmosphère est immédiatement asphyxiante.

Ainsi, c'est le dosage de l'acide carbonique qui sert de mesure pratique à l'insalubrité de l'air, comme le démontre M. Leblanc.

A 1 pour 100 d'acide carbonique, s'il provient de la respiration, le séjour ne peut se prolonger sans exciter une sensation de malaise prononcé.

M. Moyle, dans l'examen de l'atmosphère des mines de Cornouailles, a trouvé, au minimum :

Oxygène	14,64
Azote.	85.36
Acide carbonique	0,13
Total. . . .	100

et, au maximum :

Oxygène.	18,95
Azote.	80,98
Acide carbonique.	0,065
Total.	100

D'après les recherches de MM. Andral et Gavarret, en supposant un homme adulte renfermé dans une enceinte de 10 mètres cubes, l'atmosphère contiendra,

après 2 heures, 42 dix-millièmes d'acide carbonique,
après 4 heures, 84 — —
après 6 heures, 126 — —
après 8 heures, 168 — —

Enfin, si l'analyse chimique indique une proportion de 4 pour 100 d'acide carbonique dans l'atmosphère, on doit en conclure que la totalité de l'air contenu dans l'enceinte a été respiré; s'il contient 1/2 pour 100, 1/8 seulement de l'air a servi à la respiration.

VENTILATION.

Quelle que soit, du reste, la proportion d'acide carbonique dans une salle, elle est toujours mêlée, à proportions égales, partout, et non pas en couches de différents dosages, suivant les niveaux.

Ventilation des prisons.

Aucun genre d'établissement ne présente des difficultés aussi grandes, pour la ventilation, que les prisons, et surtout les prisons cellulaires, ou les cellules de nuit, que l'on construit aujourd'hui partout, et qui ont évidemment besoin d'être toujours ventilées.

Il faut là une ventilation puisssante, constante, régulièrement partagée sur tous les points, indépendante des détenus, et facile à conduire.

Elle doit être *puissante*, parce que beaucoup de détenus ont de vieilles habitudes de malpropreté, et répandent même quelquefois une odeur cutanée infecte; la présence d'un vase de nuit, même clos, dans les cellules, est une nouvelle cause d'infection. Enfin, la commission chargée par M. le préfet de police d'étudier toutes les questions relatives à l'hygiène de la maison Mazas, et aux conditions sanitaires de l'emprisonnement cellulaire en général, a constaté que, pour que la santé des détenus ne fût pas compromise par leur encellulement, et que, par conséquent, le système cellulaire fût possible, il leur fallait des visites, du travail et une énergique ventilation; celle-ci n'est jamais trop grande, en été surtout. A Mazas, au lieu des 10 mètres cubes par heure, qui avaient été demandés pour chaque cellule, l'auteur de cet article a donné à ses appareils des dimensions assez considérables pour que la ventilation soit, depuis trois ans d'occupation, de 20 à 22 mètres cubes par cellule; résultats constatés par les séries d'expériences anémométriques les plus complètes qui aient jamais été faites.

Ainsi, les cellules ayant 21 mètres cubes chacune, l'air qu'elles renferment est renouvelé une fois par heure. Or, avec ces résultats, la commission a déclaré que la prison était dans de très-bonnes conditions hygiéniques, mais qu'il ne fallait pas diminuer la ventilation; il faut donc, au minimum, 15 mètres cubes par cellule et par heure : c'est ce que nous garantissons dans nos traités, et nous donnons de 20 à 30 mètres. La fumée dont on emplit une cellule disparaît complétement, en un quart d'heure, l'acide carbonique qui reste dans l'air vicié ne dépasse pas, d'après les observations de M. Leblanc, 0,0015.

Dans les petites prisons, dont les appareils de chauffage et de ventilation ont été établis sur nos plans, la ventilation, en été, atteint souvent 30 et 40 mètres.

Voici les résultats constatés dans des rapports officiels :

Mazas,	1224	cellules	de 20 à 22	mètres	cubes
Beaupréau,	42	—	19 à 20	—	
Arbois,	36	—	20	—	
Provins,	36	—			
Fontainebleau,	36	—	35	—	

En hiver, une ventilation de 30 à 40 mètres cubes serait trop forte; on la modère alors au moyen d'un registre placé sur le conduit général de ventilation.

Elle doit être *constante* et *régulière*. Tout procédé qui donnerait une ventilation variant d'heure en heure ou dans la journée seulement, serait un mauvais procédé. Il n'y a pas d'application possible, dans une prison, surtout si le service n'est pas toujours le même, et s'il exige une surveillance de toutes les secondes.

Dans une prison départementale, on n'a ni le temps ni les éléments pour vérifier l'intensité de la ventilation; on n'en sent même guère la nécessité. l'infection des cellules et la visite des magistrats peuvent seules servir de guide, car les détenus n'osent pas se

plaindre, et quand ils se plaignent, c'est d'une trop forte ventilation. Ils préfèrent presque tous une chaleur concentrée à un air pur et vif. Or, c'est l'infection des cellules qui doit être toujours évitée.

Nous dirons comment on obtient cette régularité.

La ventilation doit fonctionner avec une égalité entière sur tous les points à assainir ; sans cela quelques points seraient ventilés avec excès quand d'autres ne le seraient pas du tout. C'est un résultat difficile à obtenir, mais d'une haute importance ; avec la régularité de l'appel, c'est la perfection d'un système de ventilation cellulaire ou autre.

La ventilation de la cellule ne doit pas être tout à fait indépendante du détenu. Il faut qu'il puisse l'interrompre ; mais on doit le surveiller pour qu'il n'obstrue pas les bouches d'appel, ce qui a souvent lieu.

Des appareils destinés à fonctionner jour et nuit, pendant des années entières, et qui sont presque toujours soignés par des détenus ou par un concierge de prison, doivent évidemment être *faciles à conduire ;* la simplicité de construction et de service en fait la bonté.

Par quels moyens arrive-t-on à remplir à la fois toutes ces conditions ?

Quant à la puissance des appareils, nous avons dit, en parlant des qualités et des résultats de chacun des instruments qui servent à la ventilation, comment on devait calculer les dimensions nécessaires pour obtenir un effet demandé. Nous répéterons qu'il n'y a jamais de danger à les faire grands.

Maintenant, sauf la condition d'emploi de la vapeur perdue avec les appareils mécaniques dont nous parlerons à propos des hôpitaux, les seuls procédés qui répondent à toutes ces conditions, ce sont les foyers d'appel, à feu nu et direct, placés au bas de la cheminée de ventilation. Eux seuls donnent largement les produits qu'on leur demande, un service facile, économique et une complète sécurité dans les résultats.

A Mazas, le foyer d'appel, que nous avous tracé plus haut (fig. 3), fonctionne depuis plusieurs années sans aucune variation, et avec une telle puissance, que, dans des expériences bien constatées, après trois heures d'extinction totale du feu, la ventilation n'était réduite que de moitié.

Cela s'explique sans peine par l'action d'une haute cheminée en briques, toujours pénétrée d'une grande quantité de chaleur, avec laquelle les variations d'intensité du feu ne peuvent pas être sensibles, et qui s'oppose à tout retour en arrière, sous l'action des vents les plus violents, du soleil, ou des variations atmosphériques.

Aussi rien ne peut réagir sur les cellules à travers un appareil aussi puissant que cette cheminée. Le chauffeur n'a qu'à charger fortement sa grille de combustible le soir, et il laisse sans inconvénient le foyer seul pendant toute la nuit.

Vers minuit un des gardiens, dans sa ronde, fait une nouvelle charge qui va jusqu'au matin.

Dans les petites prisons où cette surveillance spéciale n'existe pas, si le service de la ventilation exigeait un travail continu, il serait bientôt négligé et abandonné, quoique aujourd'hui on commence à en sentir partout la haute utilité et que les administrations y tiennent la main.

Il faut donc des dispositions qui n'exigent que quelques soins simples. Nous avons combiné un foyer de dimensions modestes et réglé en raison de l'importance de la prison.

Ce poêle d'appel que nous avons donné (fig. 2) est en fonte et couronné d'un tuyau qui monte dans la cheminée générale et va pénétrer dans le tuyau de fumée de l'appareil chauffeur.

Garni intérieurement d'une chemise en terre réfractaire. Il reçoit par le haut une assez grande quantité de combustible pour pouvoir marcher 6 ou 8 heures sans nouvelle charge.

Comme nous l'avons dit plus haut, on y brûle, à combustion lente, du coke, de l'anthracite ou de la houille maigre, des mottes de tannée ou des fragments de combustibles mélangés de terre, en réglant à volonté le tirage au moyen d'une tirette placée sur la porte du cendrier. On le laisse aussi marcher seul pendant la nuit entière, et on obtient à très-peu de frais la ventilation la plus régulière.

En hiver, cette ventilation a lieu sous la seule action du tuyau de fumée de l'appareil chauffeur qui se rend dans la cheminée d'appel, à 6 ou 8 mètres de hauteur : l'appel est énorme, et quand le feu du chauffage est arrêté au milieu de la journée, la cheminée reste assez chaude pour que la ventilation continue jusqu'au lendemain dans de très-bonnes conditions.

Nous avons dit qu'à Mazas, on brûlait en été 480 kilogrammes par 24 heures, pour une ventilation de 24 à 25 000 mètres cubes, ce qui donne 1200 à 1250 mètres par kilogramme de houille brûlée.

A Provins, à Fontainebleau et ailleurs on brûle 24 kilogrammes par 24 heures, pour emporter 26 à 28 000 mètres cubes d'air ; c'est donc par kilogramme de houille environ 1050 mètres cubes d'air enlevé. Rien de plus simple et de plus puissant que ces procédés.

Quant au système général de distribution de ventilation dans un édifice, si considérable et si divisé qu'il soit, nous avons adopté pour principe de ramener tout l'air enlevé aux divers bâtiments, dans une cheminée unique et placée sur le point le plus central, ou au moins le plus facile pour le service et pour l'établissement des conduits d'appel.

L'installation d'une cheminée par bâtiment donne forcément des inégalités constantes de ventilation, des difficultés de surveillance et des frais multipliés de conduite qui sont toujours fâcheux, surtout si l'on voulait placer le foyer d'appel dans les combles.

Ainsi une seule cheminée à laquelle on donne sans peine de grandes dimensions, un foyer d'appel puissant et régulier, conduit par un seul ouvrier, et par conséquent un service facile à régler et à surveiller.

Cette condition d'unité d'appel s'applique aux hôpitaux comme aux prisons, aux asiles d'aliénés, aux amphithéâtres, aux dépotoirs et à tous les établissements à assainir.

Nous avons donné la manière de calculer les dimensions de cette cheminée.

Quand on adopte le foyer d'appel à feu nu, il faut le placer au bas de la cheminée, et sa bouche doit être facilement accessible à la houille, aux ouvriers, et surtout à la surveillance.

Les foyers d'appel placés dans les combles, outre le défaut que nous avons signalé en principe, ont encore celui de ne pouvoir pas être aisément et souvent visités par les chefs de l'établissement, et comme on ne peut guère mettre de foyers directs dans les combles, par suite du danger de feu, les foyers d'appel indirects renfermés dans la cheminée ne permettent pas de voir s'ils fonctionnent bien ou mal, ou pas du tout ; tandis qu'avec un foyer à feu nu, un coup d'œil suffit.

Le canal général qui amène dans la cheminée d'appel l'air vicié de tous les bâtiments doit déboucher directement sur le foyer, et tous les passages d'appel doivent être établis sous terre dans les dimensions prescrites plus haut, avec des coudes pris de loin et bien arrondis, pas d'angle vif, ni d'étranglement.

Quel que soit le nombre des bâtiments, il faut que chacun d'eux ait un conduit spécial, muni d'un registre qui sert à régler la ventilation de ce bâtiment par rapport à celle des autres.

VENTILATION.

C'est autant que possible en contre-bas par une ventilation descendante et des canaux établis dans les murs en construisant, que nous appelons l'air vicié des salles ou des cellules. L'emploi de tuyaux en poterne de 13 à 14 centimètres de diamètre placés dans les murs est économique et bon, et surtout il est facile de les tenir propres, et jamais l'air n'y rencontre de résistance.

Un point important pour le bon tirage de la ventilation en contre-bas, c'est que les tuyaux d'appel des cellules ne soient pas placés dans les murs *extérieurs* des cellules et des bâtiments, qui sont exposés au soleil, mais dans le mur intérieur du côté du corridor.

Il est évident que l'action du soleil sur les tuyaux et sur le mur extérieur qui les renfermerait, les échaufferait si fortement qu'il en résulterait des courants en sens contraire, par lesquels l'air infecté des tonneaux de vidange serait ramené dans les cellules ; les corridors des prisons sont, au contraire, en été de plusieurs degrés au-dessous de la température extérieure, l'air qui tombe par le tuyau descendant d'appel, ne peut donc pas se réchauffer : il se refroidit, au contraire, et cette disposition accroît de beaucoup l'intensité de la ventilation. A Provins, la cheminée d'appel est isolée du côté du midi, et les conduits descendants étant dans les murs des corridors, j'ai vu la ventilation marcher toute seule à midi avec une grande puissance.

Ces tuyaux servent à mettre les salles à ventiler en communication avec une capacité souterraine ou des conduits de grande section, où viennent déboucher tous les tuyaux d'appel d'un bâtiment ; ces capacités sont ensuite reliées à la cheminée générale d'appel par un canal spécial au bâtiment et par un conduit général pour tout l'établissement.

Ces principes sont communs à tous les genres d'établissement; ce sont les circonstances locales et les conditions particulières au but de l'édifice, qui en règlent l'application, le choix ou les modifications.

Il faut surtout que le système général de ventilation se moule sur la forme et les dispositions des bâtiments projetés, pour que son installation ne contrarie ni les services, ni les constructions; c'est ce qu'apprend l'expérience.

Nous donnons ici les ventilations d'une grande et d'une petite prison, celle de la maison Mazas, et celle de la prison de Fontainebleau.

On voit du premier coup d'œil (fig. 12) que les appareils d'appel de Mazas reposent sur le principe même de la prison cellulaire avec inspection centrale : ventilation indépendante pour chaque cellule, réunie à toutes les ventilations d'une même aile, et ramenée, par l'intermédiaire d'un conduit général placé sous la rotonde centrale, vers une cheminée d'appel unique et centrale.

Dans chaque cellule est installé un siége d'aisance avec un tuyau de descente particulier à la cellule, et qui débouche dans un grand caveau B établi sous le corridor, et où sont placés les tonneaux de vidange : c'est par ce tuyau que l'air vicié de la cellule est appelé en contre-bas.

Le couvercle du siége est muni de taquets en bois qui, quand on l'abat, le laissent toujours ouvert pour le passage de l'air.

Du côté de l'extérieur, le caveau B est hermétiquement clos par de doubles portes A garnies de peau de mouton et laissant entre elles un espace suffisant pour que le chariot qui sert à transporter les tonnes pleines ou vides, puisse y être reçu, afin que jamais on n'ouvre en même temps les deux portes, ce qui troublerait évidemment la ventilation de l'aile entière.

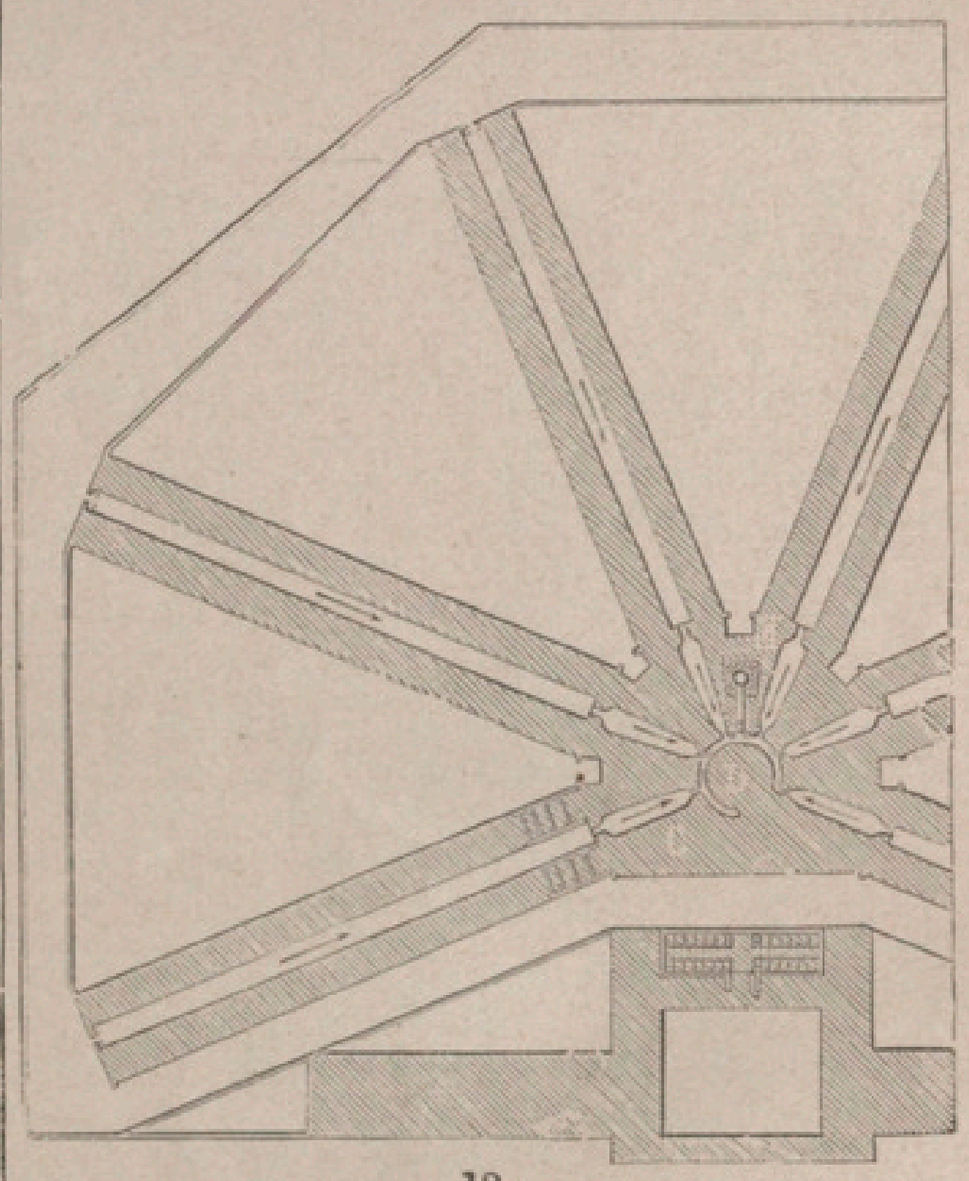
Du côté intérieur, ce caveau se termine à la partie supérieure par un conduit C de $1^{m.c}$,30 de section, qui porte l'air vicié du bâtiment dans le conduit général de ventilation D, pratiqué circulairement sous la rotonde, et où viennent déboucher symétriquement des deux côtés de la cheminée, les gaînes des ailes.

De ce conduit général circulaire, l'air vicié se rend dans la grande cheminée d'appel E, par un canal souterrain de même section, et il débouche directement sur le foyer d'appel, comme on le voit dans la fig. 3. La cheminée porte cet air au dehors et à une grande hauteur dans l'atmosphère, pour qu'il ne retombe ni sur la prison ni sur les propriétés voisines.

La ventilation de chaque bâtiment est réglée par des registres placés sur le conduit C, à la sortie du grand caveau.

Des dispositions sont prises pour empêcher la communication des détenus entre eux, par la voix. Ces dispositions ont été trouvées par M. Brurard, architecte de la préfecture de police, et ont donné les résultats les plus complets dans toutes les prisons où nous les avons appliquées.

A cet effet, le tuyau de descente plonge dans un tonneau de vidange, qui appartient à une cellule seule. Pour éviter toute communication entre les cellules d'une même aile, ce tuyau devant aussi servir à la ventilation, on y ajuste latéralement un petit ajutage en zinc de 0^{m},10 de diamètre et de 0^{m},45 de longueur, ouvert à son extrémité, muni là d'une étoile en cuivre



12.

destinée à régler la ventilation entre les 200 cellules du bâtiment. Par-dessus l'ajutage est un chapeau en zinc qui laisse 0^{m},025 de passage, et qui force le courant à se briser avant de déboucher dans le caveau ; toute conversation, par la voix, entre les détenus, est ainsi rendue impossible.

Dans les petites prisons, nous ajoutons le même système au bas du tuyau de ventilation ; mais comme il y a très-peu de différence d'intensité entre la ventilation de 36 à 45 cellules, lorsqu'elles débouchent dans un grand caveau, on supprime l'étoile de règlement.

Quand le système général de ventilation de la maison Mazas a été ainsi établi, il restait à régler entre elles les 1225 cellules; c'était une question très-délicate que ce règlement entre 1225 capacités de 21 mètres cubes, réparties en 6 bâtiments avec trois étages chacun, et sur une longueur de 80 mètres.

Comme on le voit, les gaînes d'appel des six ailes

VENTILATION.

sont partagées symétriquement des deux côtés de la cheminée.

Pour régler cette ventilation, nous avons laissé ouvert le registre des deux ailes les plus éloignées, et mesuré à plusieurs reprises, à l'anémomètre le volume d'air qu'elles donnaient, en égalisant d'abord une légère différence entre elles; puis nous avons ramené les 4 ailes les plus rapprochées de la cheminée, à ce même volume normal, par la fermeture graduée de leurs registres.

Nous avions alors à peu près 4000 mètres cubes à l'heure par aile, qu'il restait à répartir entre 200 cellules.

Comme nous l'avons dit, le tuyau de ventilation de chaque cellule est muni d'une bouche étoilée de règlement.

Les observations faites sur la première et sur la dernière cellule de chacun des trois étages et de chaque côté du corridor, ont montré que toutes les cellules d'un même étage débitaient le même volume d'air, mais que d'un étage à l'autre, il y avait de grandes différences; le rez-de-chaussée donnait plus que le premier, et le premier plus que le second, par suite des frottements de l'air qui croissaient avec la longueur des tuyaux.

On a laissé alors toutes les étoiles du second étage ouvertes, et diminué, l'anémomètre en main, les passages des étoiles du premier étage et encore plus ceux du rez-de-chaussée, travail facile au moyen d'un calibre; la ventilation de toutes les cellules s'est trouvée ainsi égalisée par étage.

Ce qui donne cette grande égalité d'appel pour 70 cellules et 80 mètres de longueur, c'est la grande capacité du caveau souterrain et son débouché par une gaîne de petite section, d'où résulte une différence manométrique presque nulle d'un bout du caveau à l'autre.

La ventilation en contre-bas concourt aussi puissamment à cette égalisation par l'action physique, qui dans les circulations d'eau égalise entre eux les divers courants d'eau chaude descendants d'un appareil commun.

Le résultat de cet ensemble de dispositions (une large et haute cheminée chauffée de fond; de grands passages bien arrondis, et l'appel en contre-bas), est une ventilation de 1250 mètres cubes par chaque kilogramme de houille brûlée, quand on n'a que 900 mètres au plus avec les foyers des mines qui donnent le plus grand produit.

Il est vrai que l'air traverse, en moyenne, pour arriver à la cheminée, 70 mètres de canaux, tandis que dans les mines, il parcourt 14 à 1500 mètres de galeries et plus.

Dans les petites prisons, l'appel, entre 36, 40 ou 60 cellules, est presque rigoureusement égal, et s'il y avait quelque différence à corriger, on la ferait en gênant les tuyaux du rez-de-chaussée avec du plâtre.

Les dispositions de la prison de Fontainebleau se rapprochent de celles de Mazas. Des tuyaux en fonte, terminés dans la cellule par des grilles rondes scellées près du sol, afin de ventiler le vase portatif, qui se trouve ainsi dans un grand courant d'air, vont déboucher dans un caveau sous le corridor central. D'autres tuyaux, partant du haut des cellules de punition, établies dans le soubassement, s'ouvrent aussi dans le même caveau; tout l'air vicié de la prison passe de là dans la cheminée générale et dessous le foyer d'appel, par un conduit muni d'un registre.

Le tuyau de fumée du fourneau de chauffage se rend dans la même cheminée.

Nous avons trouvé une autre disposition qui permet, tout en réalisant les meilleures conditions de ventilation, de laisser libre le caveau sous le corridor, pour y placer des calorifères, des magasins, ou pour tout autre usage.

A cet effet, nous établissons une large communication entre les vides voûtés que l'on réserve sous les cellules pour les assainir: et nous nous servons de ces capacités réunies, et d'ailleurs hermétiquement closes, comme d'un grand caveau, pour recevoir l'air vicié de toutes les cellules d'un rang, dont les tuyaux d'appel viennent déboucher sous les voûtes.

De la dernière des sous-cellules part une gaîne qui plonge sous le sol du caveau central et se réunit à une gaîne semblable, par laquelle arrive l'air vicié de l'autre rang des cellules. Le conduit commun qui reçoit ces deux volumes d'air plonge ensuite sous le sol des caves, de manière à recevoir l'air vicié des autres ailes, et à se rendre dans la cheminée générale par-dessous le foyer d'appel; cette disposition contribue aussi à rendre les cellules du rez-de-chaussée plus salubres, en faisant passer un courant d'air régulier sous leurs voûtes.

Telles sont les dispositions à prendre pour établir un bon système d'appel dans les cellules; mais il faut encore y introduire de l'air pur et frais, en quantité égale à celle qu'on veut enlever.

Nous avions d'abord établi, à Mazas et à Provins, pour chaque cellule, une prise indépendante qui allait chercher l'air le long des murs extérieurs. Nous avons bientôt reconnu qu'en été, ces prises amenaient de l'air souvent brûlant et surchauffaient les cellules. Quelquefois sur ces murs, une chaleur trop intense du soleil, faisait appel sur les cellules mêmes. Les prises exterieures ont été alors bouchées et on en a établi de nouvelles sur le corridor, sans rien changer aux autres dispositions. Cet air, toujours frais en été, passe sur les appareils à circulation d'eau qui l'échauffent en hiver, et il se rend dans la cellule par plusieurs orifices placés à différents niveaux.

Le résultat a été un abaissement remarquable dans la température des cellules en été, et pour toute l'année une régularité complète de ventilation tout à fait en dehors de l'action du soleil, des vents et des variations barométriques.

Nous avons, en même temps, amené dans le corridor, et par de larges ouvertures, l'air extérieur, qui, en hiver, s'échauffe avant d'y pénétrer, ce qui rend le chauffage plus facile. Les bouches d'air chaud doivent être placées en haut de la cellule à 35 ou 40 centimètres du plafond, et les bouches d'appel en bas, à l'opposé quand on le peut, sinon dans le même mur, et dirigées de manière que le courant d'air roule dans toute la cellule, avant de revenir à la bouche d'appel, l'expérience prouve qu'avec des bouches ainsi placées, la cellule est parfaitement ventilée dans toutes ses parties, et que la température y est parfaitement égale, sauf un abaissement de 1 degré près de la fenêtre.

Ces bouches de chaleur, ainsi placées, sont hors de la portée du détenu, qui ne peut pas s'en servir pour parler à ses codétenus. Ce que nous prévenons encore en les garantissant par une trémie en fonte. On donne ainsi à la colonne d'air chaud de chaque cellule une longueur de cheminée verticale de $2^{m},25$ de plus, et par conséquent plus de vitesse, ce qui est important surtout pour les cellules du rez-de-chaussée, qui réclament plus de chaleur, et dont le courant a, au contraire, moins de vitesse.

M. l'inspecteur général Ferrus, dans son remarquable ouvrage *Des prisonniers, de l'emprisonnement et des prisons*, avait exprimé la crainte de voir les cellules de Mazas suréchauffées par l'introduction de l'air extérieur en été, ou infectées quelquefois par des courants en sens contraires, et les communications entre détenus par la voix impossibles à prévenir.

VENTILATION.

On voit que ces difficultés ont été complétement levées.

On a longtemps pensé que, pour qu'un système de ventilation fonctionnât régulièrement, il fallait que toutes les fenêtres des capacités à ventiler fussent hermétiquement closes. A Mazas, le service a été primitivement organisé sur ce principe.

Mais bientôt, pendant les chaleurs de l'été, les plaintes de quelques détenus, qui disaient manquer d'air, appelèrent l'attention de la commission sanitaire. Il fut reconnu que dans les cellules d'où étaient sorties ces plaintes, il y avait 25 et 30 mètres cubes de ventilation par heure et que cependant des indispositions sérieuses avaient été réellement constatées.

Des observations thermométriques faites avec sagacité par le docteur Guérard, membre de la commission, lui montrèrent que c'était une question de chaleur, et non de volume d'air, que la cellule, avec sa fenêtre fermée, s'échauffait d'une manière incommode, quelque volume d'air qu'on y fît passer, d'où résultait les indispositions signalées.

On essaya d'entr'ouvrir la fenêtre des détenus qui souffraient, et à l'instant les plaintes et les indispositions cessèrent. Il fallut alors donner à tous les détenus la faculté d'ouvrir à volonté leur fenêtre, sans troubler la ventilation, et de plus sans que le détenu, en approchant de la fenêtre sa table mobile, pût voir les autres détenus, condition qui aurait détruit les éminents bienfaits du système cellulaire, appliqué à une maison de prévention.

La question des communications par la vue et par signe fut levée par le directeur, en fixant la table au mur, au moyen d'une courte chaîne. Quant à la question de la ventilation, MM. Gilbert et Lecointe, architectes de la prison, firent préparer 1225 tampons mobiles. On en donna un à chaque détenu, avec ordre de le placer sur la lunette de son siége d'aisance quand il ouvrirait sa fenêtre.

Ce système essayé sur une aile, puis appliqué à toute la prison, a donné les plus heureux résultats; les fenêtres sont aujourd'hui à la disposition entière des détenus, et la ventilation n'est en rien troublée par l'appel si puissant du soleil sur les murs exposés au midi, comme cela avait lieu quelquefois dans le principe, par l'ouverture totale des fenêtres dans les cellules les plus élevées, et les plus éloignées, d'où résultait un courant d'air infect en sens contraire de la ventilation naturelle.

Les tampons, en réduisant la section du siége, donnent au courant descendant, une vitesse considérable qui domine toujours l'appel le plus fort des murs échauffés.

En pratique, un assez grand nombre de détenus ouvrent leur fenêtre sans placer le tampon sur le siége, et la ventilation est si puissante, qu'elle n'est en rien troublée.

Nous sommes entrés dans de grands détails sur l'application de la ventilation aux prisons cellulaires; la question de salubrité est là si grave et en même temps si difficile qu'elle a besoin de l'étude la plus approfondie.

En lisant cet article, on comprendra facilement que des dispositions des cheminées, de tuyaux de conduite, aussi compliquées à installer dans les murs et dans le sol, ne puissent s'établir qu'en les prenant avec le bâtiment même, à partir des fondations, et en faisant marcher d'accord les dispositions de l'ingénieur avec les constructions de l'architecte; c'est ce qu'ont si bien senti MM. Lecointe et Gilbert, qui ont voulu, avant tout, la décision la plus précise sur les questions de chauffage et de ventilation, et qui ont ensuite donné à l'ingénieur les secours les plus puissants, les plus soutenus pour mener à bien les appareils.

C'est ce que font aujourd'hui les architectes de beaucoup de départements, qui construisent leurs prisons toutes préparées pour recevoir nos appareils.

L'application, après coup, des procédés de ventilation à un bâtiment tout construit, de manière à donner de bons résultats, est presque impossible; outre les frais et les dangers des percements toujours fâcheux, le système de ventilation lui-même est forcé de se plier a des conditions qui le faussent.

Que si l'on avait cependant à ventiler une prison qui ne le serait pas, il faudrait chercher le système qui se combinerait le mieux avec la construction existante; si les lieux le permettaient on pourrait, par exemple, établir sous le sol d'une cour ou d'un corridor courant à rez-de-chaussée devant les cellules, un canal de dimensions calculées en raison du nombre des salles, avec 1 mètre de vitesse par seconde et 15 ou 20 mètres cubes d'air par cellule, on amènerait dans le canal un tuyau partant de chaque cellule du rez-de-chaussée et terminé par une bouche en fonte, scellée dans le mur; ce sont les meilleures bouches, les détenus ne peuvent ni les casser ni les arracher. Pour les cellules des étages supérieurs, on pourrait faire passer des gaînes descendantes dans l'angle des cellules du rez-de-chaussée et les conduire dans le même canal général, sous la cour.

Le canal général de ventilation serait amené au pied d'une cheminée d'appel d'une bonne section, que l'on monterait jusqu'au haut du bâtiment, dans un endroit qui le permettrait; si la place ne le permettait pas on ferait un coffre en brique de champ, ou en pigeonnage, monté dans l'angle d'une pièce. Un petit poêle en fonte, placé au bas de la cheminée, compléterait ainsi un excellent système; ce système a été proposé et appliqué par l'architecte du département de l'Isère pour l'assainissement de la prison de Vienne, qui était dans l'état d'insalubrité le plus grave.

Quelquefois on ne pourra ventiler l'édifice que par en haut, et par les combles; alors on établirait les tuyaux des cellules jusque sous les combles, et là on aurait des gaînes horizontales pour les recevoir.

Il ne faut pas essayer de faire redescendre de l'air ainsi chauffé sous les toits; on s'exposerait à ce que le tirage en souffrît, il vaudrait mieux évacuer de suite cet air par une cheminee directe, montée sur le comble et de grande section; on pourrait aussi y faire passer un tuyau de poêle pour augmenter l'appel. Si, au contraire, on ne pouvait placer le foyer d'appel qu'à rez-de-chaussée, on ramènerait l'air par un conduit descendant, garanti soigneusement des chaleurs extérieures jusqu'au bas d'une cheminée d'appel de fond; mais il faudrait alors protéger avec soin les tuyaux et les gaînes des combles contre l'action du soleil: on aurait ainsi un système fonctionnant convenablement.

Dans tous les édifices à ventiler, la plus grande surveillance doit être exercée sur la pose des tuyaux, et sur la construction des canaux qui servent à l'appel; le mortier qui fait leurs joints à l'intérieur, doit être lissé avec soin pour que les courants d'air ne trouvent pas de résistance dans leur marche.

Quand une cellule cesse d'être ventilée autant qu'à l'ordinaire, il faut passer dans les conduits d'appel, ou une baguette, ou un poids avec une corde, car les nids de souris ou les toiles d'araignées les obstruent souvent.

Quand la ventilation passe par le tuyau de descente des matières, comme à Mazas, les obstructions sont très-rares: et on a pris, il est vrai, la précaution de faire ces tuyaux coniques de haut en bas, et on y verse de l'eau tous les jours.

Mais dans les caveaux où débouchent ces tuyaux et où sont placés les tonnes de vidange, il s'amasse une telle quantité de toiles d'araignées, surtout près du

conduit intérieur d'aérage, que tous les six mois, il faut les flamber avec des torches ; un simple balayage ne détruirait pas ces araignées.

Quant au foyer d'appel, quand c'est un demi-cylindre en fonte, le seul entretien, s'il se détruit, est une réparation des briques réfractaires du foyer et le remplacement du cylindre lorsqu'il est tout à fait hors de service ; mais il faut bien se garder de le remplacer pour une cassure inévitable, dans des pièces de fonte fortement chauffées.

Un cylindre, fendu fonctionne longtemps comme un cylindre neuf.

On peut compter sur un cylindre nouveau, tous les deux ans.

Au pénitencier de Tours, M. Sagey, ingénieur des mines, a installé un ventilateur aspirant, pour ventiler les cellules qui ne l'étaient pas précédemment.

Ce ventilateur est manœuvré dans la journée par des détenus, auxquels on donne cinq centimes par heure ; pendant la nuit, le conduit d'appel est mis en communication avec une cheminée partant du fond et qu'échauffe un foyer spécial.

La ventilation des cellules par de doubles cuvettes, qui laissent passer les matières sans laisser rentrer l'air des fosses, est très-ingénieuse et l'aérage de la prison doit être dans de bonnes conditions.

Le but qu'on s'est proposé à Tours est d'obtenir une légère économie et d'avoir l'avantage de fournir aux détenus un exercice salutaire ; cependant nous ne pouvons nous empêcher de penser que si ce système était placé dans une prison dont les chefs ne prendraient aucun intérêt à cet appareil, même en le faisant fonctionner, il serait difficile de vérifier si le ventilateur marche toujours, et à la vitesse nécessaire, tandis que, avec un foyer d'appel, comme nous l'avons dit, un coup d'œil suffit pour voir s'il est en feu et en bon feu, et de plus, une négligence momentanée n'arrête pas la ventilation.

L'économie est d'ailleurs presque nulle ; car, pendant la moitié de l'année, avec nos dispositions, on n'allume pas le foyer d'appel, la chaleur perdue des appareils de chauffage suffisant largement : et, pendant les six autres mois, à Tours, le ventilateur ne marche que le jour, et le foyer d'appel est allumé la nuit. Une prison de 40 cellules, brûlant 20 kilogrammes par 24 heures, à 3 centimes le kilogramme, la dépense pour 12 heures de jour serait de 30 centimes, somme qu'on serait forcé de donner, au moins, aux détenus pour tourner la manivelle.

Pour une prison de 112 cellules, comme celle de Tours, à 20 mètres par cellule, et à 1000 mètres cubes par kilogramme de houille brûlée, la dépense de houille serait pour 5400 mètres cubes de 54 kilogrammes, et pour les 12 heures de jour de 27 kilogrammes ; à 3 centimes par kilogramme la dépense en argent serait de 81 centimes. Or, comme on donne 60 centimes aux détenus à raison de 5 centimes par heure, l'économie est nulle.

Nous sommes entré dans de grands détails sur la ventilation des prisons cellulaires, la question d'assainissement la plus difficile qui ait jamais été posée, parce que bien peu de prisons sont en réalité assez aérées et que les principes ici posés seront utiles dans toutes autres applications.

Mais les principes qui sont admis par les prisons cellulaires s'appliquent directement aux prisons en commun quand elles ont des dortoirs communs, et à plus forte raison quand il y a au lieu de dortoirs, des cellules de nuit et des ateliers communs pour le jour, disposition réellement bonne et pratique. Il est évident que, soit dans les ateliers, soit dans les dortoirs communs, soit dans les cellules de nuit, il faut appliquer une ventilation puissante et régulière, établie dans le service normal de la prison et indépendante de la volonté des gardiens.

Les ateliers non ventilés où des condamnés travailleraient toute la journée, les cellules où ils coucheraient, et les corridors sur lesquels les ateliers et ces cellules ouvrent, seraient rapidement infectés, de manière à n'y pouvoir même pas entrer.

Il faut donc que dans les prisons en commun comme dans celles où on établit aujourd'hui des cellules de nuit, l'on applique une ventilation constante, régulière et puissante, comme on l'a établie avec tant de succès dans presque toutes les prisons cellulaires récemment construites, et que ce service soit surveillé là comme il l'est dans les autres, où il a donné de si heureux résultats, comme à Fontainebleau, où la prison était complètement infectée avant d'être ventilée, tandis qu'aujourd'hui elle est dans les meilleures conditions de salubrité.

VENTILATION MÉCANIQUE DU DOCTEUR VAN HECKE, DE BRUXELLES.

Le docteur Van Hecke de Bruxelles a trouvé une disposition de ventilateur aspirant ou soufflant, qui, dit-on, débite un volume d'air supérieur au travail fait par les ventilateurs ordinaires, et qui a été essayé dans la prison cellulaire de femmes de Bruxelles.

Toutefois, l'absence de toute application en grand de ce ventilateur, dans les houillères de la Belgique, ou tant d'essais d'appareils mécaniques ont été faits et se font chaque jour, permet de penser que cet appareil particulier, ne donne pas des résultats supérieurs aux autres.

Il y a toutefois dans le système appliqué par le docteur Van Hecke une disposition qui n'est peut être pas tout à fait nouvelle, mais qui peut avoir des applications utiles, dans un certain nombre de localités, ou d'établissements de petites dimensions, et qui n'en ont pas moins besoin d'être assainies, comme les cafés, les cercles, etc., c'est l'emploi de contre-poids pour commander un appareil ventilateur de petites dimensions.

Nous croyons cette disposition supérieure aux ventilateurs tournés à bras d'hommes comme on le fait au pénitencier de Tours, par exemple, parce qu'il y a là bien plus de sécurité et de régularité dans le service.

Nous croyons donc que la ventilation avec des contre-poids, peut avoir des résultats utiles et des applications spéciales.

VENTILATION DES HÔPITAUX.

La ventilation des hôpitaux a été traitée par MM. Péclet, Tredgold et par le docteur Papillon et d'autres médecins dans les *Annales d'hygiène*. En pratique, presque rien n'a encore été fait, à l'exception de l'hôpital d'Alais, cité par M. Péclet. Nous ne connaissons pas d'hôpital qui soit ventilé d'une manière complète et constante.

Un architecte qui a construit avec beaucoup de talent plusieurs hôpitaux dans les départements, où la place n'est pas économisée, ni les malades très-nombreux, M. Moll se contente de donner de grandes dimensions aux salles, et pratique dans le bas des murs latéraux des bouches d'entrée d'air, et à la partie supérieure des sorties fermées à volonté, qui servent à renouveler l'air vicié.

A Paris, malgré la surveillance la plus active de l'administration et les habitudes d'extrême propreté des sœurs, nos hôpitaux sont encore privés de tout système de ventilation réelle, efficace, et tous les matins on est forcé, en toute saison, d'ouvrir les fenêtres pour enlever autant que possible la mauvaise odeur des salles. Il y a dans les hôpitaux des exemples de maladies graves causées par l'infection contagieuse de malades voisins.

VENTILATION.

Un bâtiment de l'hôpital Beaujon, l'hôpital Necker, et trois pavillons du grand hôpital Lariboissière, sont ventilés par les procédés de M. Léon Duvoir, dont nous avons déjà parlé à propos des foyers placés au bas des cheminées d'appel.

Ces procédés consistent en une cheminée de 5 ou 6 mètres de hauteur établie au sommet du bâtiment à ventiler. Dans cette cheminée viennent déboucher des conduits d'appel pratiqués dans les murs, et partant de chacune des salles superposées, où ils s'ouvrent à volonté en haut et en bas de la salle avec des registres qui permettent en hiver d'appeler l'air le plus froid au bas de la salle, et en été l'air le plus chaud par la bouche supérieure. Cette disposition de prise d'air vicié est depuis longtemps employée partout.

Dans la cheminée d'appel est placé le vase de distribution des appareils de chauffage à eau chaude du bâtiment, et les départs des tuyaux qui descendent aux diverses séries de poëles qui chauffent successivement les étages superposés.

L'appel est toujours produit par le chauffage de ce vase d'expansion et de ses tuyaux, auquel la chaleur est transmise en hiver par la chaudière qui chauffe le bâtiment tout entier, et, en été, par une chaudière plus petite qui dessert les fourneaux d'office des salles.

Il résulte évidemment de ces dispositions une grande inégalité d'appel.

Quand l'appareil de chauffage fonctionne en plein travail, la ventilation encore activée par le passage des tuyaux de fumée dans la cheminée d'appel, est puissante, et s'élève, dit-on, à 60 mètres cubes par lit.

Dès que le foyer de chauffage est arrêté, comme cela a souvent lieu le soir, la température des appareils de circulation se dégrade rapidement, et la ventilation diminue en même temps jusqu'au lendemain matin.

Pendant l'été, le combustible brûlé par les fourneaux d'office est évidemment bien inférieur en quantité à celui brûlé en hiver pour le chauffage, quand, au contraire, la ventilation exigerait, pendant les chaleurs, pour donner un résultat égal, une proportion plus considérable de combustible. Ce sont deux causes qui concourent à rendre la ventilation faible et des salles mal assainies pendant la nuit, où les fenêtres sont closes et en été.

Quel que soit le système que l'on adopte, la première question est le volume d'air à donner par heure et par lit.

Une commission désignée par M. le directeur général de l'assistance publique a fait sur ce point d'importantes séries d'expériences; elle a conclu à 60 mètres cubes par malade.

Nul doute qu'avec de certaines maladies ce volume ne soit nécessaire; mais dans les maladies ordinaires, il nous paraît un peu large, surtout s'il s'applique à un volume d'air réellement introduit dans la salle, et non pas un volume d'air appelé dans la salle par les joints des portes et fenêtres; dans ce cas-là, 40 mètres cubes nous paraissent être une bonne base à adopter; mais il faut que les appareils permettent d'augmenter, au besoin, le volume dans telle ou telle salle ou avec telle ou telle maladie.

M. le docteur Papillon, chirurgien en chef de l'hôpital militaire de Belfort, dans un travail remarquable publié par la *Gazette d'hygiène* en 1849, sur la ventilation appliquée à l'hygiène militaire, compte seulement 3 mètres cubes, renouvelés régulièrement et indépendamment de la volonté des hommes, pour un soldat en santé, et 6 mètres cubes pour un soldat malade, sauf le cas de quelques maladies exceptionnelles, où il faut plus.

Ces chiffres sont certainement beaucoup trop bas, même appliqués aux hôpitaux militaires qui sont rarement encombrés, et dont la population est plus jeune que celle des hôpitaux civils, et nous croyons qu'on ne doit jamais demander dans des hôpitaux civils ou militaires moins de 20 mètres de minimum, et 30 mètres comme chiffre normal, avec la possibilité d'aller plus haut pour certaines maladies.

Les principes que M. le docteur Papillon propose pour ventiler les hôpitaux militaires sont très-simples: c'est la ventilation naturelle favorisée par de bonnes dispositions des salles, par des entrées et sorties très-bien combinées, bien proportionnées et bien placées, de manière à utiliser à la ventilation l'action des vents le plus fréquemment régnants: l'échauffement des murs extérieurs et en hiver l'échauffement de l'air des salles, par des poêles très-élevés et placés dans la salle même.

La principale disposition qu'il indique pour cela, consiste à pratiquer, dans chaque salle superposée soit d'une caserne, soit d'un hôpital militaire, une série d'ouvertures qui, du côté du nord, seront en bas des salles, et en haut du côté du midi. Pour que l'action du vent ne puisse pas empêcher l'entrée ou la sortie de l'air, le docteur Papillon applique sur les ouvertures extérieures, des tuyaux qui se recourbent et reviennent s'ouvrir à 0,10 environ du mur, ce qui évidemment permet à la ventilation de la salle de continuer par tous les vents. Des trappes mobiles agissant sous l'action du vent ou du courant d'air lui-même servent de régulateurs à la ventilation.

L'emploi de la ventilation naturelle dans des casernes nous paraît très-applicable, mais dans des hôpitaux militaires ou civils, cette ventilation n'a, à notre avis, ni la régularité, ni l'intensité, ni la certitude nécessaires, et il n'est pas un si petit hôpital où on ne puisse pas disposer de la chaleur perdue d'un tuyau de poêle, ou de fourneaux d'office, pour déterminer, dans une cheminée établie à travers les combles, l'appel nécessaire à une bonne et sûre *ventilation forcée*.

Quant aux résultats de la ventilation dans les hôpitaux, il paraît certain que l'installation de la ventilation dans les nouvelles salles de l'hôpital Beaujon a déjà supprimé ou beaucoup réduit les accidents qui accompagnent presque toujours certaines opérations, ou certaines maladies.

M. Péclet a posé les vrais principes de chauffage et de ventilation des hôpitaux. Chauffer les salles par des poêles placés au centre, poêles à feu nu, à eau ou à vapeur, suivant les localités, et non pas des bouches de chaleur qui exigeraient de l'air à une température très-élevée, pour faire face aux pertes de chaleur des murs, du vitrage, et de la ventilation, et qui de plus ne donneraient pas aux malades des récipients de chaleur prolongés, sur lesquels ils puissent chauffer leurs mains, leurs pieds, et leurs tisanes.

Les poêles doivent verser jour et nuit dans les salles des quantités d'air toujours pur et chaud en hiver, et autant que possible frais en été, et réglé en raison du nombre de lits.

Les conduits d'évacuation d'air doivent être pratiqués dans les murs avec des bouches à coulisse, l'une en bas pour l'hiver, l'autre en haut pour l'été, et installée soit derrière chaque lit, soit dans des tables de nuit fermées d'une porte percée de trous pour laisser passer tout l'air vicié à renouveler.

Une cheminée d'appel partant du sol avec un foyer direct, placé à la partie inférieure, près de l'appareil de chauffage, et qui donne presque sans main d'œuvre un appel plus égal et plus puissant que les cheminées placées dans les combles.

M. Péclet conseille aussi, comme un système facile et économique, des poêles à double enveloppe, versant l'air chaud dans les salles, et des cheminées d'appel latérales avec de petits poêles d'appel, ou enfin de grandes cheminées établies dans les salles, et sous lesquelles on placerait un poêle, où on ferait du feu pour obtenir un renouvellement d'air important.

Pour qu'une salle de malades soit dans les meilleures conditions d'aérage et de salubrité, il faut donc qu'on

VENTILATION.

ait au minimum 30 mètres cubes par lit. Il est toujours utile de pouvoir porter, surtout en été, beaucoup plus haut la ventilation ; mais si grand que soit le volume d'air à donner, il ne doit produire aucun courant sensible et dangereux pour les malades; l'air doit donc arriver par des ouvertures à grande section, et par conséquent avec de faibles vitesses qui ne dépassent pas 1 mètre par seconde.

Il faut que l'air pur, en se rendant aux bouches d'appel, balaye toute la salle, sans laisser l'air vicié stagner sur aucun point. Il faut que les bouches d'appel soient également réparties partout, et placées derrière les lits, pour les envelopper toujours dans un courant parfaitement pur et qu'elles aient de grandes dimensions.

On remarquera que ces courants ne se sentent pas, quand ils sont bien disposés. Dans les cellules de Mazas, l'air est renouvelé une fois par heure, et il est impossible d'y sentir le moindre courant d'air.

L'air doit donc arriver au centre de la salle par des grilles réservées dans des plaques de fonte posées sur les tuyaux de chauffage, ou par des poêles métalliques remplis d'eau et chauffés directement par l'eau ou par la vapeur. A toutes les arrivées et à toutes les sorties d'air, il faut des moyens de règlement ou d'arrêt, trappes, coulisses ou registres.

On comprendra sans peine, d'après ce qui précède, combien l'établissement d'une ventilation bonne et complète dans un hôpital déjà construit est difficile, quand il faut, pour cela, installer dans les murs ou dans les planchers des salles, des passages suffisants pour débiter 40 ou 60 mètres cubes d'air par lit, avec des vitesses qui ne dépassent pas 1^m, sans gêner les services généraux, sans affamer les constructions, sans les surcharger de coffres ou de cheminées extérieures, toujours désagréables à l'œil.

La pureté de l'air à introduire dans les salles est une condition de la plus haute importance; il faut prendre l'air autant que possible *au nord*, plutôt qu'au midi, à un point élevé, quand on le peut, pour éviter les émanations de la terre humide, et le prendre surtout loin de l'air vicié des salles voisines.

Un nouveau principe de ventilation qui a été proposé et qui paraît admissible, quand on peut utiliser la vapeur perdue des machines à vapeur pour chauffer des bains, fourneaux d'office, buanderie, salle de service, et, par conséquent, avoir assez économiquement le moteur nécessaire, c'est la *ventilation mécanique par insufflation*. Ce procédé a déjà reçu d'importantes applications comme système de ventilation.

Il est appliqué sur la plus grande échelle à la ventilation de l'office des postes à Londres; aucun autre procédé ne pouvait être adopté là où rien n'était disposé en vue d'une puissante ventilation nécessaire à certains instants.

En 1845, M. Peugnot a appliqué ce procédé à son aiguiserie d'Hérimoncourt, en y ajoutant des armatures sur les meules et chassant la poussière hors des ateliers par la ventilation. De 1836 à 1845, sur 10 ouvriers, 4 avaient été blessés par des éclats de meules, et 7 étaient devenus phthisiques. Depuis l'application de la ventilation à ce travail, sur 26 ouvriers, pas un n'a été blessé et 1 seul est mort phthisique.

M. le général Morin a appliqué le même procédé à la manufacture d'armes de Châtellerault.

MM. Thomas et Laurens, ingénieurs civils, l'ont employé pour assainir les ateliers de taillerie de cristaux de Baccarat, ateliers qui ont 200 mètres de développement, et sont occupés par deux files de tours à tailler et par 44 ouvriers environ.

Ce taillage se fait à l'eau, les ouvriers ont donc les bras constamment mouillés, et sont plongés dans une atmosphère toujours humide et malsaine. Il a fallu envoyer dans chaque salle de l'air pur et sec en été et chaud en hiver. Cet air est pris sur les toits par deux ventilateurs mus par les deux turbines de l'établissement; en hiver, il se chauffe dans une salle que traverse un système de tuyaux de vapeur, et il est envoyé dans chaque atelier par un coffre en bois placé dans le grenier, et par des conduits descendants. L'air vicié est chassé au dehors par la pression de l'air neuf refoulé dans chaque salle, à raison de 12 mètres cubes par ouvrier.

Les ventilateurs ont de diamètre. . .	1	20
id. largeur. . . .	0	28
Vitesse.	300	tours.

La pression n'est que de 3 à 4 mill. d'alcool.

En réalité ce système, où se cumulent les pertes de production de la vapeur et de mise en mouvement de l'air, n'est admissible que pour des cas tout spéciaux, tels que ceux qui précèdent. Il n'en est pas de même pour les lieux habités, les hôpitaux, où l'appel par cheminée est bien préférable; et sur ce point, l'expérience a confirmé ce que le raisonnement indiquait. (Voy. AIR COMPRIMÉ. *Complément.*)

Il est toujours intéressant de connaître les dispositions adoptées à l'hôpital Lariboissière, où ce procédé a été appliqué par MM. Thomas et Laurens à la ventilation de trois pavillons, qui sont chauffés par le procédé de l'eau et de la vapeur de l'auteur de cet article.

L'air pur est pris au sommet du clocher par un canal vertical qui existe dans l'un des piliers, puis aspiré par un ventilateur que conduit une machine à vapeur horizontale. Il est enfin refoulé dans les bâtiments et les salles par le même ventilateur qui agit alors comme machine soufflante, et au moyen d'une conduite de vent en tôle, montée dans le corridor souterrain des bâtiments et au moyen de canaux de maçonnerie réservés dans les murs; l'air est ainsi distribué à volonté dans toutes les salles. Des clefs ou des registres placés à chaque branchement servent à régler la quantité d'air injectée sur chaque point.

Avec ce procédé, l'air est toujours pur et frais, la quantité injectée est toujours rigoureusement définie et réglée, les salles sont assainies avec certitude. On n'est pas exposé à aspirer par les fenêtres, et sous l'action des vents, l'air vicié des bâtiments voisins.

La ventilation est continue, même les fenêtres ouvertes, et en été on peut arrêter à volonté la ventilation d'une salle ou d'un bâtiment, ou celle de l'établissement entier lorsque, toutes les fenêtres étant ouvertes, cette ventilation devient inutile.

L'air est distribué à chaque étage par des canaux en maçonnerie recouverts de plaques de fonte, et dans lesquels passent les tuyaux de vapeur qui vont chauffer des poêles à eau placés dans chaque salle, et il est versé dans les salles par des grilles réservées dans des plaques de fonte et par les canaux intérieurs des poêles, canaux munis d'appendices en fonte pour briser les courants d'air et chauffer en hiver cet air avant qu'il ne débouche dans les salles avec de petites vitesses, comme nous l'avons dit.

L'air vicié est évacué par des ouvertures d'appel placées en haut et en bas des murs de la salle et montant jusque sous le comble, d'où il est conduit par des gaînes dans une grande cheminée qui le porte à l'extérieur; une partie de l'air sort aussi par les joints des fenêtres et des portes.

Le ventilateur qui fournit l'air aux trois pavillons de droite est conduit par une machine à vapeur horizontale de 8 ou 10 chevaux, qui prend la vapeur sur les chaudières destinées à chauffer ces trois pavillons, au moyen de poêles *à eau et à vapeur* placés dans chaque salle.

La vapeur perdue de la machine est employée en

hiver, avec celle des chaudières, au chauffage des salles, des fourneaux d'office, des bains et de la buanderie; en été, elle sert à chauffer les bains, les fourneaux d'office et la buanderie.

Les lieux d'aisance placés près de chaque salle sont énergiquement ventilés par un appel établi au moyen d'un canal souterrain qui se rend dans une cheminée d'appel, qui monte des caves jusque sur les combles, et dans laquelle débouche le tuyau de fumée d'un fourneau à feu nu, qui sert à tout le bâtiment.

C'est à la suite d'un concours public que le système de ventilation de MM. Thomas et Laurens a été adopté pour trois des pavillons de l'hôpital Lariboissière, en le réunissant au système de chauffage à vapeur et à eau, proposé par M. Grouvelle.

VENTILATION ET ASSAINISSEMENT DU DÉPOTOIR DE PARIS.

La voirie de Montfaucon, qui a reçu depuis plusieurs siècles toutes les matières extraites des fosses de Paris, était, pour les quartiers voisins, une source constante d'émanations fétides et d'insalubrité.

Depuis peu d'années, la substitution des citernes-étanches aux fosses perméables, et l'augmentation de population de la capitale, avaient couvert de liquides infects, et de poudrette fabriquée, de nombreux hectares de terre.

Les gaz que dégageaient ces matières étaient portés au loin par les vents et rendaient très-désagréable, insalubre même, l'habitation de certains quartiers de Paris et de quelques communes voisines.

La suppression de cet établissement était, pour les particuliers, l'objet des demandes les plus instantes, et, pour l'administration, l'objet des études les plus suivies.

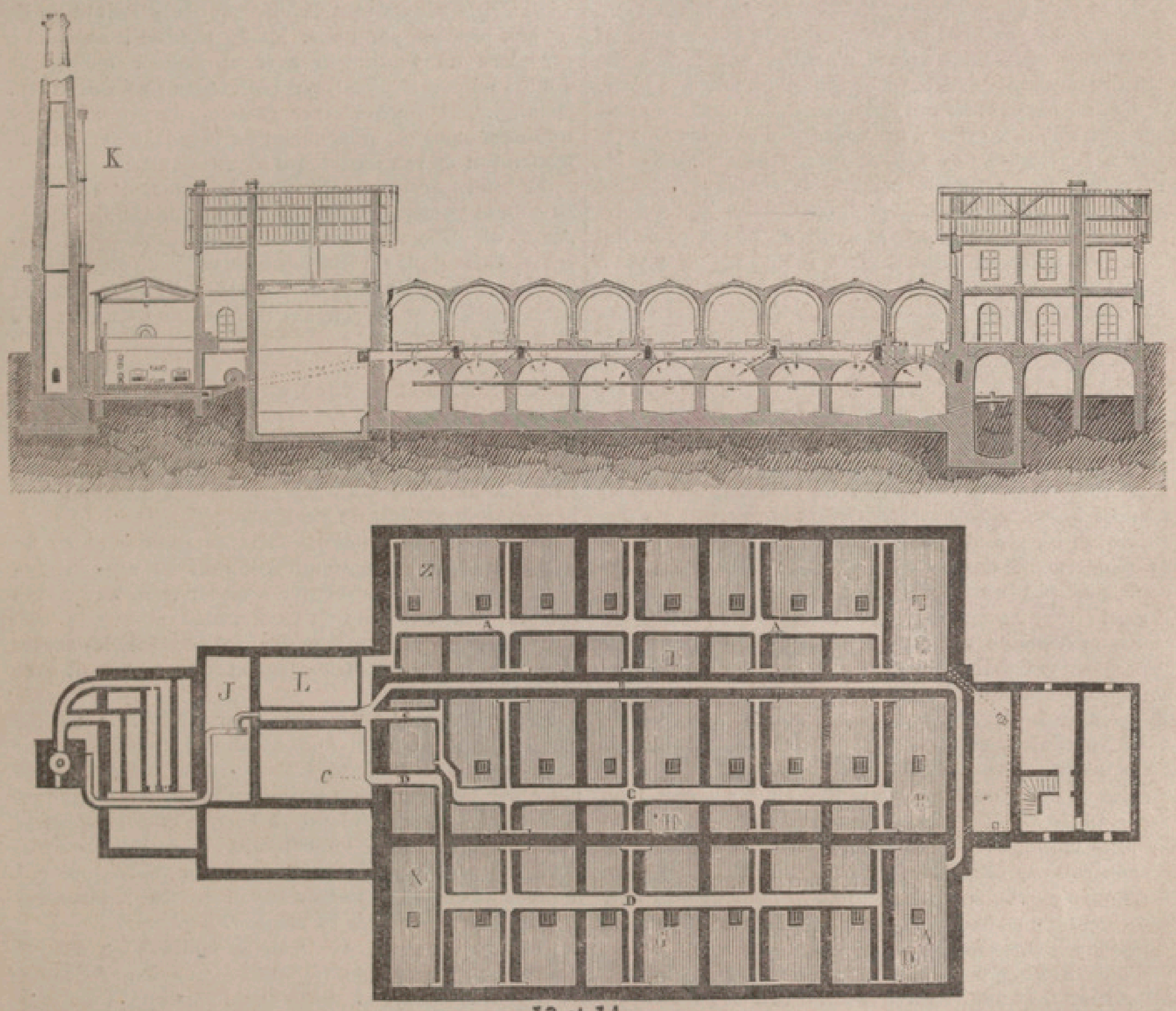
En 1823, Louis XVIII céda à la ville un terrain placé dans la forêt de Bondy, et sur le bord du canal, pour y transporter la voirie de Montfaucon.

Les matières devaient être conduites en bateau ou par un chemin de fer; mais leur volume, plus que quadruplé en vingt ans, avait dépassé, en 1848, 200 000 mètres cubes, ce qui rendait impossible des transports à une aussi grande distance.

M. Mary, ingénieur en chef du service municipal, proposa alors de créer un établissement d'où les liquides seraient envoyés à Bondy par des pompes foulantes, et les solides seuls sur des bateaux.

Au printemps de 1848, l'établissement fut mis en activité sous le nom de *dépotoir* (fig. 13 et 14).

Nous donnons ici le plan et une coupe sur la longueur de cet établissement, qui est encore très-peu connu.



13 et 14.

Il consiste en trois rangées de fosses de 80 mètres cubes de capacité chacune ABC, et communiquant entre elles, depuis la fosse supérieure jusqu'à la dernière A'B'C', par des portes alternées de position.

Les tonneaux de vidange de tout Paris viennent, pendant la nuit, se vider dans les trois fosses supérieures ABC par de larges bondes; des manches en toile préviennent tout épanchement de matière au dehors; un jet d'eau puissant lave ensuite le sol et les robinets des tonnes vidées; les matières coulent de la première à la dernière fosse, et le courant, brisé par la position

alternée des portes, ainsi que par la réduction de vitesse qui résulte de ces passages successifs, force la presque totalité des solides à se déposer.

Tous les matins, trois pompes à piston plongeur, de 0m,30 de diamètre et de 1 mètre de course, donnant 27 coups par minute, et conduites par une machine à vapeur de 25 chevaux, dont on n'utilise que 12 chevaux environ, soit 8 pour les pompes et 4 pour la ventilation, aspirent les liquides à volonté de chacune des trois dernières fosses, et les refoulent jusque dans de vastes bassins établis au milieu de la forêt de Bondy, à travers deux conduites souterraines en tôle bitumée, de 0m,27 de diamètre, de 10 kilomètres de longueur, et destinées à se suppléer réciproquement en cas d'engorgement. Le volume lancé par les trois pompes agissant ensemble dans la conduite, est de 100 mètres cubes par heure environ.

Tous les mois, à l'aide des pompes, on refoule de l'eau pure en abondance, dans les conduites, pour les laver, et aucune trace d'engorgement ni de dépôt ne s'y est encore produite. M. Mary, en laissant un tuyau plongé au fond des bassins de la voirie pendant plus d'un an, s'était assuré d'avance que la tôle des tuyaux ne serait pas attaquée par les matières à débiter.

Quand les liquides ont été ainsi aspirés par les pompes, et qu'au moyen d'un courant d'eau lancé à la partie supérieure des fosses, on a rendu plus liquide et enlevé une nouvelle portion de matières, il faut emporter les dépôts solides laissés dans le fond des fosses, sur 10 centimètres environ de hauteur; ce qui ne se fait qu'en les ramassant au rabot, les mettant en barils, les remontant en treuil pour les expédier sur bateaux à Bondy : là, ces matières subissent diverses opérations qui les transforment en poudrette pour les engrais, et en sels ammoniacaux.

Pour sortir ces dépôts solides, les ouvriers *ringueurs* sont forcés de descendre dans les fosses; quoique liés avec des bridages qui permettent de retirer un homme en cas d'asphyxie, malgré l'action de l'eau mêlée aux matières, et qui arrête leur fermentation, malgré les trappes qu'on laisse ouvertes devant et derrière les ouvriers, et les précautions prises pour ce travail pénible et dangereux, des ouvriers sont de temps en temps asphyxiés par un dégagement subit de gaz méphitiques.

Un système de ventilation avait été prévu dans le principe, mais il n'était pas encore complétement arrêté : c'était un ventilateur à ailes droites, mû par la machine à vapeur.

Ce ventilateur aspirait l'air directement et exclusivement sur les trois dernières cellules XYZ, dans lesquelles il établissait un courant d'air beaucoup trop fort, tandis que dans les cellules suivantes, et jusqu'à la plus éloignée, l'anémomètre le plus sensible ne rencontrait pas une trace de ventilation. Il était donc nécessaire de régler cette ventilation pour qu'elle agît également dans toutes les cellules, et en assurât le complet assainissement.

Nous fûmes alors consulté sur cette question par M. Mille, ingénieur chargé récemment du service du dépotoir et nous fîmes des expériences anémométriques destinées à constater l'état actuel des choses, et qui, avec un ventilateur de 0m,40 de diamètre, de 0m,40 de largeur d'aube, et 700 tours de vitesse par minute, donnèrent un volume de 800 mètres cubes par heure dans la cellule la plus rapprochée, et rien dans les autres.

Nous jugeâmes alors qu'il fallait appliquer là le principe qui nous avait donné une ventilation si énergique et si égale avec les 1200 cellules de Mazas : *un tuyau débouchant dans chaque cellule, et en communication, par l'autre extrémité, avec un appel puissant et central.* L'air devait donc être pris directement par la ventilation, aux deux extrémités de chaque cellule, sous la voûte même, et par des conduits de section calculés et gradués, à établir dans les reins des voûtes : ces canaux partiels devaient déboucher tous dans trois conduits longitudinaux, appliqués chacun à une rangée de cellules, et qui viendraient déboucher dans une cheminée d'appel que l'on aurait montée au centre de l'établissement avec un petit foyer constamment allumé. L'air aspiré dans chaque cellule de la bouche aux deux tuyaux d'appel à établir sous la voûte, aurait ainsi balayé toute la cellule. Il était alors facile de régler ensemble toutes les cellules en gênant, avec une poignée de plâtre, les cellules les plus rapprochées de la cheminée et qui auraient tiré trop fort. Avec des clefs on aurait réglé sans peine l'appel des tuyaux longitudinaux. D'ailleurs, une cheminée avec foyer était le moyen le plus puissant et le plus régulier à adopter. En hiver, le foyer aurait servi à chauffer l'employé qui passe la nuit entière dans un bureau au centre de l'établissement.

M. Mille adopta tout le système de distribution de tuyaux proposé par nous. Mais, comme il avait déjà sur place un ventilateur avec un moteur mécanique dont la puissance n'était pas entièrement utilisée et son chauffeur, il jugea, avec raison, devoir conserver comme moteur cet instrument en créant le système de répartition de ventilation qui n'existait pas.

En effet, un tuyau DD′ (fig. 15), construit sur place en ciment romain, au lieu de *tôle* que nous avions proposée, ce qui est très-facile et très-économique à exécuter, passe dans un des reins de voûte de chaque cellule, va déboucher aux deux extrémités sous la voûte même en E et en F, par des bouches de 0m,25 de côté et 0m,06 de section.

Trois conduits longitudinaux GHI, également en ciment romain et de 0m,65 sur 0m,60, soit 0m,39, vont recouper chacun neuf tuyaux de cellules et les réunissent ensemble; les pénétrations ont été faites coniques et bien évasées pour que l'air ne rencontre pas ces résistances multipliées qui, en s'additionnant, diminuent beaucoup le produit du ventilateur.

Enfin les trois conduits GHI se réunissent en un seul L, qui est en communication directe avec le ventilateur des registres servant à régler le service de ces canaux de distribution de ventilation.

Tous ces conduits ont de grandes sections, les angles bien arrondis; tout étranglement en est proscrit avec soin.

Le ventilateur J est disposé pour n'agir que sur une rangée de fosses à la fois. Quand il fonctionne sur un de ces canaux d'appel, l'air pris à l'extérieur pénètre par les neuf trappes des cellules, les balaye en gagnant les bouches placées à chaque extrémité, et se rend, en traversant les conduits de cellule D et le canal longitudinal G ou H, jusqu'au ventilateur qui le lance à l'extérieur par un tuyau vertical K placé auprès de la cheminée de la machine à vapeur.

Chaque bouche a un tiroir à coulisse et chaque grande ligne une vanne régulatrice. Il a donc été facile de régler ensemble et d'égaliser l'appel dans les cellules.

Avec ce système soigneusement exécuté, l'assainissement a été complet. Nous citerons ici les paroles du remarquable rapport adressé par M. Mille à M. le préfet de la Seine.

« Dans les citernes où l'on verse pourtant ce qu'il y a de plus infect à Paris, tout ce qui sort des hôpitaux, des casernes et des maisons pauvres, le service se fait avec une sécurité parfaite. Au moment où les ouvriers descendent, l'aération est sèche et fraîche, comme sur un boulevard; il n'y a plus de trace d'hydrogene sulfuré ou d'ammoniaque. Les objets d'or ou d'argent qu'on porte avec soi ne subissent pas la moindre alté-

VENTILATION.

ration ; les yeux n'éprouvent pas le moindre picotement ; enfin, la température, comme l'air lui-même, diffère à peine de la température extérieure.

« La ventilation est si complète que nous n'avons pas hésité à mettre le gaz dans les citernes. Au centre de chaque profil est un bec d'Argand. Un fumivore emporte vers la bouche d'aérage les produits de la combustion. La flamme brûle vive et blanche. Le gaz a remplacé les chandelles qui ajoutaient une infection de plus aux miasmes qui s'échappaient autrefois. Chaque cellule va posséder une bouche d'eau, un bec de gaz, et deux bouches d'air. Ce système, simple et naturel, où l'on n'emploie comme agents que l'eau, l'air et la lumière, a rendu le dépotoir l'une des usines les moins insalubres peut-être de la Villette. Toutes les plaintes élevées d'abord par les habitations voisines ont disparu. La santé des ouvriers est excellente ; leur moral est relevé par la puissance même des moyens de propreté et de salubrité mis à leur disposition. »

Des expériences ont été faites pour déterminer la puissance totale du ventilateur et régler l'appel des cellules à peu près également entre elles. Le débit total du ventilateur, installé comme il est aujourd'hui avec une vitesse de 700 tours à la minute, à laquelle il n'a été rien changé, a été trouvé de 8109 mètres cubes par heure.

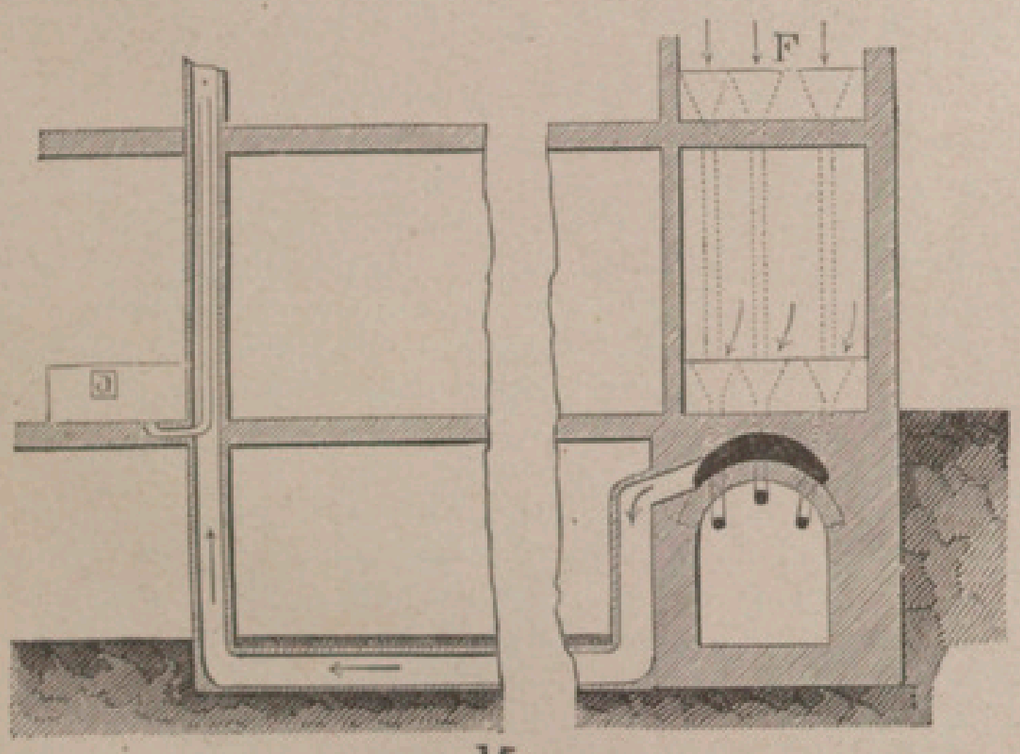
Ce volume d'air, réparti exactement entre les neuf cellules d'un rang, donnerait 900 mètres cubes par heure pour une cellule qui cube 80 mètres. La répartition obtenue après un premier essai de règlement par les coulisses des bouches d'appel, a donné 960 mètres cubes pour la cellule la plus éloignée du ventilateur, et toutes étaient parfaitement assainies.

M. Mille, en terminant, observe avec beaucoup de raison que la question de désinfection, est une question mécanique, bien plus qu'une question chimique, et doit être résolue par les procédés les plus simples, avec de l'eau et de l'air en abondance.

L'intérêt qui doit s'attacher à un dépotoir que nous n'avons vu décrit nulle part, l'importance du travail d'assainissement dont il a été l'objet, sa nouveauté et son originalité, et les résultats si complets qui ont été obtenus à peu de frais, motiveront les développements que nous avons donnés et qui peuvent servir d'exemple dans beaucoup de questions de ce genre.

VENTILATION DES LIEUX D'AISANCE.

L'assainissement des lieux d'aisance par la ventilation est très-important dans une maison particulière ou un hôtel ; mais dans un établissement public, un collége, une pension, une caserne, un théâtre, un hôpital, elle est une des conditions fondamentales de salubrité. Dans un hôpital surtout, où les cabinets sont nécessairement très-rapprochés des salles de malades, et sans autre intermédiaire qu'un vestibule clos, où des déjections putrides de toute nature sont jetées dans les fosses, où des salles, élevées, bien aérées et souvent ventilées par aspiration, exercent un appel énergique sur les siéges d'aisance et sur les fosses, il faut combattre cet appel ascendant par un appel de ventilation descendant, sans variations et très-puissant, afin d'être certain que jamais les gaz méphitiques ne puissent rentrer dans les cabinets et dans les salles.



15.

L'appel doit agir sur la fosse même et non pas sous la cuvette, pour que les gaz, développés par la fermentation des matières dans la fosse, ne soient jamais exposés à se dégager brusquement par le siége.

Dans un bâtiment d'hôpital, on a toujours à sa disposition un moyen énergique, régulier et très-économique d'appel, dans le foyer d'un fourneau d'office à feu nu A (fig. 15), on fait passer la fumée de ce fourneau dans un tuyau de fonte qui monte de 4 à 5 mètres dans un coffre en brique de grande section C, que l'on met en communication par un canal souterrain D avec le dessus de la fosse E ; cette cheminée d'appel C doit monter sans rétrécissement jusque sur le toit et être recouverte d'un chapeau en métal ou en pierre, qui est destiné à empêcher la pluie de refroidir l'intérieur du coffre, car celui-ci n'a pour résister au refroidissement ni une haute température ni une grande vitesse d'air. Il est impossible d'avoir un appel plus simple, plus constant et plus fort.

Dans les bâtiments de l'hôpital Lariboisière, chauffés par notre système, la ventilation des cabinets d'aisance FF′ est ainsi disposée, et nous avons compté sur un volume d'air de 20 mètres cubes par heure, ou de $0^{m.c}$,055 par seconde pour une bouche. Comme ces bouches ont ordinairement 0^{m},10 de diamètre et 0^{m},0078 de section, la vitesse y sera de 7 mètres, garantie très-large contre tout retour en arrière.

Le volume total de l'air débité pour les neuf bouches, placées là sur une fosse, est donc de 180 mètres. Le canal souterrain et la cheminée montante d'appel sont calculés à $0^{m.q}$,125 de section, ce qui donne une vitesse de 0^{m},400 par seconde, que l'on peut prendre pour base.

A l'hôpital Saint-Louis, d'Arcet n'ayant à sa disposition aucun fourneau d'office près de salles infectées par des cabinets placés sur des escaliers qui, faisant appel sur les fosses, les a assainies et a ventilé puissamment les cabinets en établissant, dans le haut de la fosse même, un tuyau qui montait jusque sur le toit et au milieu duquel il plaça une lampe qui détermina un appel très-fort et en même temps éclaira l'escalier à travers une vitre placée devant la lumière.

On peut aussi faire monter dans le coffre d'une large cheminée de cuisine, qui est toujours chauffée, un tuyau métallique partant du dessus de la fosse. Il y a seulement danger d'un retour d'odeur dans la cuisine.

Dans les prisons où il y a une cheminée d'appel, le tuyau que l'on fait partir d'une fosse ventilée se rend dans la cheminée à une certaine hauteur.

Dans les théâtres, les cabinets d'aisance donnent forcément sur les corridors des loges et sont à chaque instant ouverts. Ces corridors sont en communication assez directe, par les portes des loges, avec la salle dans laquelle le lustre avec la cheminée qui le recouvre déterminent un appel des plus puissants, même dans les théâtres qui ne sont pas ventilés. Cet appel réagit avec force sur les siéges et les tuyaux de descente des cabinets, et aspire dans les corridors l'odeur des fosses, malgré les doubles portes de ces cabinets.

VENTILATION.

Il faut donc, quand on le peut, établir devant ces cabinets des antichambres qui aient des fenêtres ou des ouvertures donnant à l'extérieur directement, ou si on ne le peut pas, et même dans tous les cas, installer un appel très-puissant sur la fosse, au moyen, en été, d'un fort bec de gaz ou de lampe, et, en hiver, des tuyaux de fumée de l'appareil de chauffage. Une prise d'air doit être amenée du dehors, soit dans le cabinet, soit dans son antichambre.

LIEUX D'AISANCE DES CASERNES.

La question est bien plus difficile pour les casernes.

Lors de la construction d'une caserne, les dispositions doivent être prises pour faire monter, dans l'angle de la cheminée où passe la fumée du fourneau de cuisine de la caserne, qui est allumé plus de douze heures par jour, un tuyau en fonte de $0^m,40$ ou $0^m,45$, en communication, par-dessous terre, avec le dessus de la fosse. On aura ainsi une ventilation parfaitement efficace contre tout retour des odeurs et des gaz de la fosse.

Il faut que le canal souterrain, qui fait communiquer la fosse avec le tuyau, ait au moins $0^m.q,15$ de section.

Dans les casernes où ces dispositions n'ont pas été prévues, il est nécessaire de les appliquer de suite aux fosses qui servent pour les soldats comme à celles des officiers.

Mais les lieux d'aisance des casernes ont souvent, pour les habitants de cette caserne et pour les voisins, des désagréments bien plus grands.

Les matières solides et liquides couvrent toujours forcément les dalles sur lesquelles les hommes se posent, et dans lesquelles sont percés tous les trous qui servent de lunettes; les pierres et les murs adjacents s'en pénètrent et dégagent des odeurs méphitiques qui, malgré la construction dont on couvre ces lieux d'aisance, se répandent au loin, surtout par les vents du sud, et alors, outre l'impossibilité d'habiter les logements voisins, les couleurs et les papiers de tenture sont altérés.

Les urinoirs, composés ordinairement d'une cuvette en pierre, scellée dans un mur avec des enduits plus ou moins bien faits au-dessus, sont plus désagréables encore: les murs tout entiers sont bien vite pénétrés de liquides ammoniacaux, et leur odeur est aussi emportée au loin, et très-pénétrante.

En pareil cas, il faut:

1° Refaire les enduits avec les plus grands soins, en enlevant totalement les anciens et même une partie des matériaux des murs et y ajouter une feuille de zinc;

2° Entourer l'urinoir d'une petite construction couverte, dont les portes et fenêtres n'aient pas de trop grandes sections pour que les odeurs intérieures ne puissent pas se répandre au dehors et soient entraînées dans la fosse par l'appel qu'on y a établi, et, pour cela, mettre la cuvette en communication avec la fosse ventilée, comme nous l'avons dit plus haut, au moyen de deux ou trois ouvertures de $0^m,25$ de diamètre; avec ces précautions et les lavages convenables de la cuvette, des murs et du pavé au moyen d'eau acidulée, on assainira complétement les lieux d'aisance des casernes, et on préviendra les justes plaintes des voisins.

LIEUX D'AISANCE DES MAISONS D'HABITATION.

Ce sont là des questions qui se présentent tous les jours dans la pratique des constructions, et qui cependant n'ont guère été l'objet de règles bien précises. En construisant les maisons, les dispositions que l'on prend quelquefois pour assainir les lieux d'aisance ont souvent un résultat tout contraire. Souvent les lieux d'aisance sont placés dans des escaliers très-hauts; or, en été, les escaliers, surtout quand ils sont exposés au midi et largement éclairés, et qu'ils ouvrent sur des murs chauffés au soleil qui y détermine des courants ascendants très-énergiques, ou quand ces escaliers ont de grandes fenêtres en haut, sont de véritables cheminées d'appel qui aspirent l'air infecté des cabinets d'aisance et, par suite, celui de la fosse. C'est un résultat bien connu.

Comme nous l'avons dit, la fosse doit être mise en communication par la partie supérieure avec un tuyau montant, en fonte, de $0^m,27$ à $0^m,30$ de diamètre sortant au-dessus des combles; ce tuyau doit passer dans les murs, entre deux tuyaux de cheminée servant aux cuisines, surtout aux plus grandes cuisines de la maison.

A défaut de ces mesures prises au moment de la construction, il sera facile en été de déterminer un appel suffisant, au moyen de petites flammes de lampe ou d'un bec de gaz.

Les cuvettes partout, et surtout sur les escaliers, doivent être hydrauliques, ou à bords se fermant hermétiquement.

M. Barral a conseillé, avec succès, d'établir dans les murs au nord les prises d'air qui viennent déboucher dans les cabinets d'aisance des maisons d'habitation, et le tuyau d'appel dans les murs exposés en plein midi. Cette différence de position suffit souvent pour déterminer sur la fosse et dans le tuyau des lieux d'aisance un courant assainisseur très-suffisant.

Quand on a à assainir les lieux d'aisance d'une ancienne maison où les coffres des cheminées de cuisine sont presque toujours très-larges, on mettra un tuyau métallique de 14 ou 15 centimètres, partant de la fosse et montant assez haut dans la cheminée pour que les gaz et odeurs infects ne puissent jamais rentrer dans la cuisine et monter même en haut.

VENTILATION DES THÉATRES.

L'assainissement des salles de spectacle a été l'objet de travaux répétés de la part du savant d'Arcet: soit comme membre du conseil de salubrité de Paris et de diverses commissions, soit dans ses travaux personnels. Il a fait exécuter des dispositions complètes de ventilation dans plusieurs théâtres, et a publié sur cette question, dans les *Annales d'hygiène*, un important mémoire qui se trouve aussi dans le premier volume de la collection de ses œuvres. Nous en tirerons la substance de cet article.

Le chauffage d'un théâtre est lié intimement à sa ventilation: car pour pouvoir emporter au dehors des volumes considérables d'air vicié, il faut introduire dans la salle une quantité égale d'air pur, chaud en hiver, et frais en été.

Cet air, chauffé par des calorifères à air chaud, est versé à 25 ou 30 degrés centigrades dans les vestibules, dans les escaliers et dans les corridors des loges.

Des poêles chauffés par la vapeur, ou mieux par la vapeur et l'eau, suivant le système dont nous sommes inventeurs, doivent être établis dans les corridors, dans le foyer et sur la scène; enfin des boîtes à vapeur ou à vapeur et eau, sont logées dans le dallage des vestibules, afin de servir à sécher les pieds des personnes qui arrivent de l'extérieur.

La combinaison de ces divers systèmes est indispensable à la bonne organisation du chauffage d'un théâtre.

On pourrait aussi chauffer l'air destiné à la salle sur des calorifères à eau chaude et à vapeur; l'air amené dans la salle serait certainement plus salubre; mais la dépense d'établissement serait un peu plus considérable. On peut d'ailleurs ôter à l'air séché par un calorifère, comme nous l'avons dit, ses principaux défauts, en lui rendant la vapeur d'eau qui lui manque.

Quant à la *ventilation*, les salles de spectacle ont naturellement un foyer d'appel très-puissant dans leur

VENTILATION.

lustre; c'est un instrument qu'il faut utiliser, sans aller bien loin en chercher un autre. C'est ce que d'Arcet a fait avec grande raison.

Il a d'abord déterminé les conditions à remplir :

L'air doit y être maintenu à 16 degrés centigrades environ dans les corridors, les loges et toute la salle.

Il faut que l'air de la salle soit continuellement renouvelé pour qu'il ne se charge pas de miasmes ni de gaz délétères, et que son oxygène ne diminue pas dans une proportion dangereuse. Il faut que cet air arrive, sans donner lieu à des courants trop vifs dans la salle. Enfin, il faut que cet air soit saturé à moitié d'eau, à la température de 15 ou 16 degrés.

Pour réaliser ces conditions, d'Arcet a fait établir au-dessus du lustre une large cheminée d'appel A (fig. 16), couronnée d'un chapeau, et fermée à volonté par une trappe à deux ventaux. Il a fait établir au-dessus de la scène une autre cheminée semblable B. Nous dirons plus loin quel service font ces cheminées.

Quant à l'air pur et chaud, c'est dans la salle même qu'il doit être introduit, afin de chasser toujours l'air vicié qui s'y trouve.

Pour obtenir ce résultat sur des volumes considérables, sans gêner en rien les spectateurs, deux dispositions ont été proposées et employées par d'Arcet, toutes deux ayant pour but de fractionner indéfiniment les courants d'air introduits, et de les répartir dans toute la hauteur de la salle.

Dans l'une, l'air chaud et pur des corridors C est introduit dans la salle par de petits tuyaux passant à travers le plancher des loges, et débouchant au bas de leur devanture.

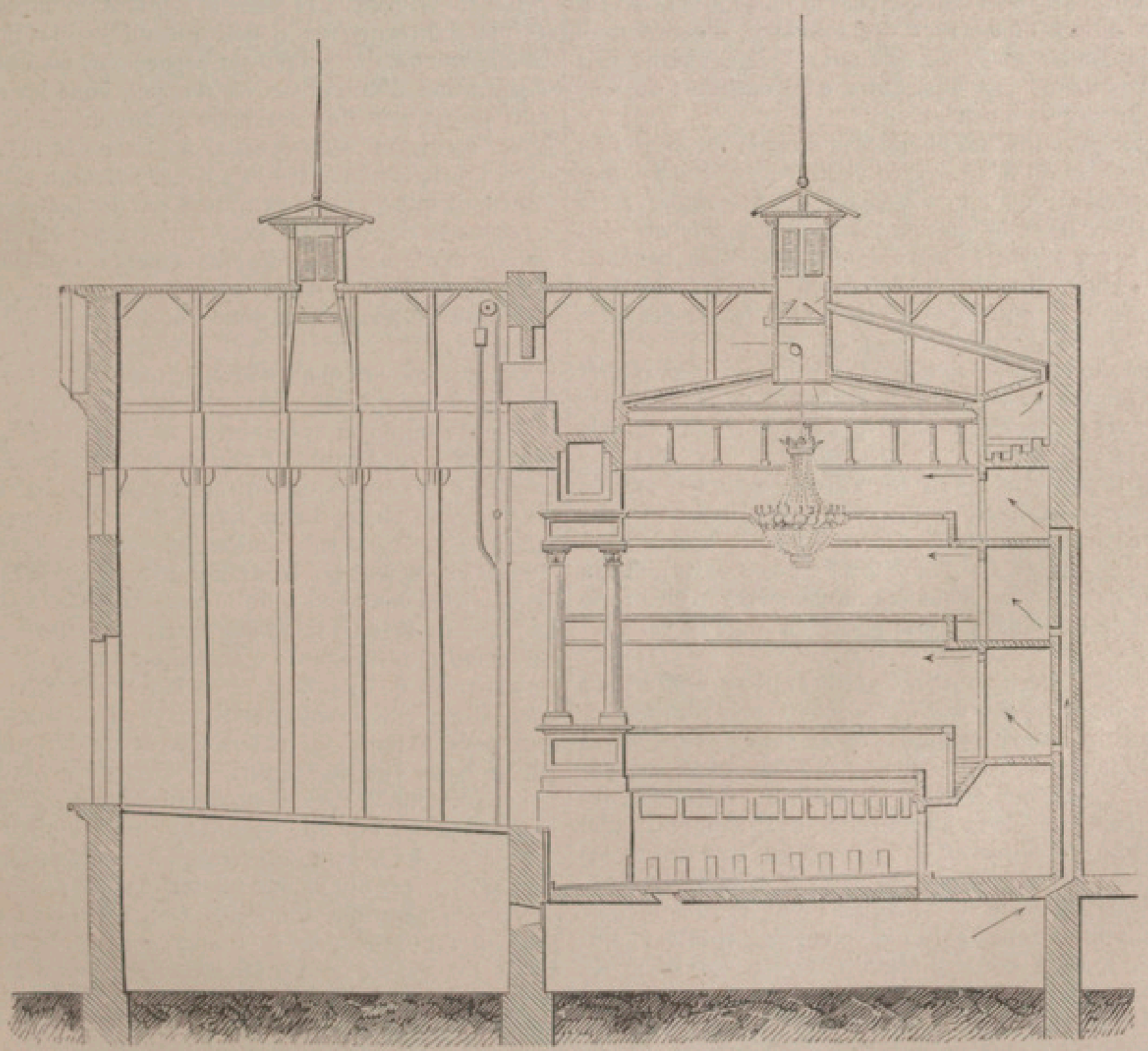
un faux plancher est établi sous le plancher de chaque loge, et on s'en sert pour prendre l'air des corridors et le faire déboucher dans la salle, un peu en arrière de la devanture. L'air, ainsi introduit dans la salle par des séries de tuyaux ou de faux planchers qui font le tour entier de chaque rang de loges, est dans les meilleures conditions pour assainir complétement la salle, sans jamais donner lieu à des courants nuisibles ou même désagréables.

La hauteur verticale des faux planchers est calculée de manière à suffire largement à l'appel de la grande cheminée. Pour une salle qui peut contenir 2000 spectateurs, à 10 mètres cubes l'un, le volume à ventiler est de 20 000 mètres par heure, ou par seconde, $5^{m.c},55$. En comptant sur une vitesse minimum de 2 mètres par seconde, facile à obtenir ici, et qui en pratique est de beaucoup dépassée, avec l'air débité une cheminée de 3 mètres carrés, sera de 6 mètres par seconde ou 21 600 à l'heure.

Pour l'introduction de ce volume d'air, il ne faut pas compter sur une vitesse supérieure à $6^{m},50$ par seconde, ce qui donnera 12 mètres carrés pour la somme des sections d'arrivée de l'air dans la salle.

Des expériences ont été faites par MM. Dumas et Leblanc sur l'air appelé par la cheminée du lustre dans des théâtres ventilés, et on a trouvé des volumes énormes.

Avec ces conditions d'arrivée d'air dans la salle, comme celles que nous venons de poser, les portes des loges peuvent être alors ouvertes, sans que les spectateurs se trouvent dans un courant d'air dangereux ou désagréable. Pour obtenir aussi une légère ventilation au fond de chaque loge, on a établi, dans leurs cloisons, des tuyaux d'un petit diamètre, qui vont, de la loge à



16.

Dans le second système (fig. 17), qui est le plus simple,

VENTILATION.

la cheminée d'appel, et de plus un vasistas avec un grillage maillé, qui permet encore d'introduire insensiblement de l'air dans la loge, quand la porte est fermée.

Enfin, l'amphithéâtre du centre, quand il en existe, est ventilé par une gaîne D communiquant directement, de son plafond, à la cheminée du lustre A.

En organisant ce système, d'Arcet a donné, comme toujours, des instructions complètes sur la conduite des appareils.

Il insiste d'abord, ainsi que nous l'avons dit plus haut, sur la nécessité de ventiler d'une manière continue et très-puissante, les lieux d'aisance du théâtre.

Les calorifères à air chaud doivent être chauffés deux heures au moins avant la représentation, et la température de la salle portée à 15 ou 16 degrés sans ventilation.

Une heure avant l'ouverture des portes, la vapeur arrive dans les récipients, et on conduit de front les trois modes de chauffage, de manière à maintenir la température à 15 ou 16 degrés environ, ce qui est facile, en forçant soit la ventilation, soit le chauffage.

L'air chauffé dans les calorifères et dans tout le système des appareils, monte dans les corridors, pénètre dans la salle par les tuyaux d'amenée ou les faux planchers, et entraîné par l'appel du lustre, il échappe au dehors à travers la cheminée des combles, en ventilant la salle entière.

Pour maintenir la même salle fraîche en été, on tient toutes les fenêtres et les portes ouvertes pendant la nuit, et fermées soigneusement le jour; alors on ventile la salle à l'ouverture des bureaux, d'abord avec l'air des souterrains, ensuite avec l'air extérieur pris au nord, quand la température extérieure est descendue à 16 degrés à peu près.

La température des cheminées d'appel au-dessus du lustre est de 20 à 25 degrés centigrades. Pour forcer la ventilation, quand la température extérieure est à 20 degrés, il suffit de monter le lustre un peu plus haut, la température de la cheminée s'élève et la ventilation s'établit de suite dans de bonnes conditions. C'est pour cela qu'il est toujours important d'avoir des cheminées d'appel de grande section.

Ainsi, c'est en été que la ventilation est la plus difficile, mais avec de larges cheminées, et au besoin la manœuvre du lustre, on arrivera toujours à obtenir de très-bons résultats.

Les dispositions que l'on vient d'indiquer ont de nombreux avantages.

Les tuyaux de ventilation directs établis dans le fond des loges, permettent d'y faire arriver à volonté la voix de l'acteur, en fermant complétement la cheminée d'appel de la scène et diminuant le passage de celle du lustre.

Lorsque dans une représentation, il se produit un dégagement de poudre brûlée ou de fumée, on ferme, au contraire, tous les appels de la salle, et on ouvre celui de la scène, et l'on évacue rapidement et sans gêner les spectateurs toute la fumée qui, sans cela, les incommoderait si longtemps. La même cheminée d'appel permettra d'assainir aussi les loges des acteurs, en les faisant communiquer avec la scène par de petits tuyaux.

D'Arcet a insisté sur la nécessité de faire surveiller administrativement l'assainissement des théâtres, qui aujourd'hui est facile à organiser avec des appareils simples, mais dont, trop souvent, on ne se sert pas.

D'Arcet trace ensuite les mesures à prendre pour rendre moins graves les incendies des théâtres; il combat avec force l'établissement d'un rideau de tôle qui avait été proposé pour séparer, en cas d'incendie, la scène de la salle, et il dit que ce qu'il faut là, c'est une grille E à larges mailles, qui laissera passer le courant d'air très-puissant appelé alors à travers toute la salle par le foyer concentré sur la scène, qui permettra aux pompiers de lancer de l'eau dans le foyer de l'incendie; enfin qui empêchera la chute des pièces de bois embrasées, qui sont les premiers moyens de propagation du feu dans la salle.

Avec une grille en fer et une cheminée d'appel sur le théâtre, au premier moment du feu il faut donc fermer la cheminée de la salle, ouvrir celle de la scène, ouvrir toutes les portes du théâtre, et casser tous les carreaux des fenêtres, afin de donner un libre passage au courant d'air puissant dont nous parlons, qui emporte au dehors les charbons et les flammes, et permet aux pompiers de prendre les précautions nécessaires à la conservation de la salle.

Telles sont les mesures à prendre pour l'assainissement des théâtres, et il sera facile, avec ce que nous donnons ici, d'obtenir cet assainissement dans les conditions les plus complètes.

Système du général Morin. Dans les théâtres que l'administration de la ville de Paris a fait construire, on a établi un système de ventilation tout autre que celui qui vient d'être décrit.

On a eu pour but d'opérer une ventilation énergique qui ne fût pas produite par une colonne centrale comme celle produite par la chaleur dégagée par les becs de gaz du lustre, qui trop souvent s'élève au milieu de la salle sans agir sur les prises d'air des divers étages.

A cet effet, on a éclairé la salle à l'aide d'un grand nombre de becs de gaz placés en large couronne à la partie supérieure de la salle et séparés de celle-ci par un plafond en verre dépoli qui diffuse la lumière. La chaleur produite dans cet espace sert comme foyer d'aspiration d'une cheminée d'appel, dont les orifices sont placés près de l'orchestre et autour de la scène. L'air contraint à descendre, à partir des petits orifices pratiqués dans les loges, est entraîné bien plus sûrement qu'avec la ventilation par le lustre, et les spectateurs des galeries supérieures ne souffrent plus autant des ascensions de l'air chaud: malheureusement ils sont en échange exposés au rayonnement de la masse de gaz brûlée pour l'éclairage et la ventilation.

Ce système est dispendieux à cause des pertes de lumière occasionnées par l'emploi du verre dépoli, nécessairement employé, et doit être combiné par les grands froids avec un chauffage très-complet et difficile des corridors des étages élevés. On ne peut pas dire, non plus, que ce changement dans l'aspect décoratif des salles de spectacle soit un succès.

Palais de Sydenham. Nous donnerons d'après le général Morin la description de la ventilation du palais de Sydenham, où on a fait l'application très-heureuse de chambres de mélange d'air, excellent moyen d'utiliser les appareils de chauffage sans lancer des filets d'air trop chaud. Elles constituent un progrès très-important pour obtenir un chauffage et une ventilation qui ne laisse rien à désirer.

Le bâtiment de Sydenham (celui du palais de Cristal de l'Exposition de 1851 encore agrandi, le chef-d'œuvre de sir John Paxton comme bâtiment propre aux expositions) est établi sur un terrain en pente assez prononcée pour que d'un côté l'on arrive de plain-pied au rez-de-chaussée, tandis que de l'autre cet étage est à plus de 4 mètres au-dessus du sol. Cette circonstance a permis d'établir sur toute l'étendue du rez-de-chaussée un vaste espace vide, dont on a tiré parti pour la ventilation et pour le chauffage.

La température qu'il est nécessaire d'entretenir dans l'espace destiné aux plantes tropicales, que l'on nomme le *Tropical department*, étant bien supérieure à celle dont on peut se contenter pour le reste de l'édifice, l'on a été obligé d'établir une séparation à peu près

complète dans toute la hauteur du bâtiment. Elle est formée par un immense panneau vitré, qui, par l'effet de sa transparence, interrompt le moins possible la continuité de l'aspect général. Dans le même but, on a placé sous cette partie un nombre proportionnellement beaucoup plus considérable de chaudières et de tuyaux de chauffage.

Le plancher du rez-de-chaussée est formé de madriers de $0^m,22$ de largeur moyenne, séparés les uns des autres à peu près uniformément de $0^m,015$ à $0^m,018$, de sorte que l'espace vide qui permet, comme on va le voir, le passage de l'air, est d'environ 1 1/2 de la surface totale, ou de 1/15 en tenant compte des parties recouvertes par différents objets.

C'est sous ce plancher, du côté de la pente générale du terrain, que sont établies les chaudières, au nombre de vingt-cinq, destinées à procurer partout la température convenable, qui est d'environ 16 à 18 degrés pans l'ensemble, et de 30 à 35 degrés pour la partie réservée aux plantes tropicales.

Toutes ces chaudières sont semblables, et ont la forme d'un demi-cylindre annulaire de $1^m,30$ environ de diamètre intérieur, de $0^m,45$ d'épaisseur, et de $5^m,50$ de longueur. Au sommet de ce cylindre s'élèvent deux tuyaux de départ de l'eau chaude, de $0^m,20$ de diamètre, et vers le fond pénètrent deux tuyaux de retour du même diamètre, qui sont en communication avec les précédents, comme dans le chauffage par circulation d'eau par les tuyaux généraux d'aller et de retour. Dans ce système, analogue à celui des serres, il n'y a pas de récipient supérieur, et les chaudières étant d'ailleurs à basse pression, cela a permis d'employer des tuyaux de fonte d'assez grands diamètres, que l'on s'est contenté de réunir par un emboîtement, comme les conduites d'eau ordinaires. Tout le système des tuyaux d'aller et de retour étant sous le plancher du rez-de-chaussée et au-dessus d'un sol non utilisé, les fuites d'eau, assez faibles d'ailleurs, qui se produisent, n'ont pas d'inconvénient, mais il n'en serait pas de même dans d'autres conditions.

Chaque chaudière alimente à peu près en moyenne 3,200 mètres de tuyaux de circulation (aller et retour compris), et la totalité du développement de tous ces tuyaux est d'environ 75 à 80 kilomètres, c'est-à-dire à peu près la distance de Londres à Douvres.

L'air nouveau qui doit être admis dans l'intérieur, est introduit sous les planchers par de larges et nombreuses ouvertures ménagées dans les soubassements du bâtiment. Il s'y trouve en contact avec les tuyaux de circulation de l'eau, et est ainsi naturellement appelé dans l'intérieur. Si l'on se rappelle que l'espace libre laissé dans le plancher est d'environ 1/15 de sa surface, par conséquent de $0^{mq},066$ par mètre carré, l'on voit qu'en supposant seulement à l'air une vitesse d'admission de $0^m,20$ par seconde, à peine sensible aux organes les plus délicats, l'on peut, par ce dispositif, introduire, par heure et par mètre carré de plancher, $0^{mq},066 \times 0^m,20 \times 3,600 = 47^{mc},52$ d'air, et comme il n'y a jamais une personne par mètre carré de superficie du plancher, il s'ensuit que, par des dispositions très-simples, l'on obtient une ventilation très-abondante et en même temps très-peu sensible.

Il est cependant probable que, dans les emplacements destinés au public qui assiste à des concerts, à des lectures, la chaleur développée par les personnes venant en aide à l'élévation de la température inférieure, la vitesse de l'air doit être plus grande que nous ne l'avons supposé; mais elle ne doit sans doute jamais atteindre une intensité gênante.

Quant au département tropical, où l'on ne fait que circuler, et où la température est élevée, la vitesse d'arrivée de l'air est insensible pour les promeneurs.

Ce système d'admission de l'air conviendrait parfaitement aux édifices qui ont une destination analogue, tels que les musées, les lieux d'exposition, de promenade, etc., pour lesquels une ventilation et un chauffage modéré sont des conditions de bien-être pour les visiteurs en même temps que de salubrité.

L'évacuation de l'air est assurée à l'étage des galeries au moyen d'ouvertures garnies de persiennes mobiles à volonté, et dans les parties supérieures par des moyens analogues. Les joints nombreux et inévitables qu'offrent toujours les panneaux vitrés assurent d'ailleurs des surfaces bien suffisantes. En été, l'échauffement des vitrages par le soleil est encore un auxiliaire puissant pour cette ventilation qui se fait ainsi par voie d'appel naturel et sans moyens auxiliaires d'échauffement. (Voy. AIR COMPRIMÉ.)

VENTILATION DES AMPHITHÉATRES.

La ventilation des amphithéâtres (fig. 17) ne peut pas être séparée de leur chauffage, dont nous parlerons d'abord succinctement. Le meilleur système consiste à établir sous la salle et sous la chaire du professeur, ou sous le bureau du président, des calorifères à air chaud A, assez puissants pour satisfaire aux pertes des murs et vitrages, et à une ventilation calculée à raison de 10 mètres cubes par tête, avec le nombre maximum des auditeurs.

Cet air doit arriver dans la salle avec une quantité d'eau vaporisée qui réponde à moitié de ce que le volume d'air introduit seul contiendrait à 15° centigrades et à 100° de l'hygromètre. Il sera versé par une ou deux larges bouches B pratiquées dans le sol et au centre de l'amphithéâtre, par trois bouches C établies dans le soubassement de la chaire, et par deux bouches dans les socles des couloirs à droite et à gauche du professeur.

L'air vicié doit être ensuite enlevé par des bouches d'appel DD' établies dans la paroi verticale et antérieure des bancs, sur toute la circonférence de chaque rang. Avec des bouches égales et également espacées, le petit diamètre des rangs inférieurs compensera l'excès d'appel qui résulterait, au profit des bouches inférieures, de leur peu d'écartement de l'arrivée d'air chaud.

Toute la capacité E, sous l'amphithéâtre, sera hermétiquement close avec de doubles portes pour servir de *chambre d'appel*, et de cette chambre partira un conduit souterrain qui ira se rendre au bas d'une cheminée de section calculée G, dans laquelle sera établi un tuyau en tôle émaillée, ou en fonte, qui montera jusqu'au-dessus du chapeau, pour recevoir en hiver la fumée des appareils chauffeurs. Au bas de cette cheminée sera le foyer d'appel, dans le système de celui de Mazas (fig. 1), si l'amphithéâtre est grand, et comme celui de Fontainebleau (fig. 2), si l'amphithéâtre est petit. S'il y avait des tribunes couvertes dans le haut de l'amphithéâtre, comme cela a lieu dans les salles d'assemblées politiques, on établirait, dans le fond de ces tribunes, des bouches d'appel avec un ou plusieurs conduits descendants qui iraient déboucher dans la chambre d'appel sous l'amphithéâtre. Chaque conduit d'appel aura son registre. Avec ces dispositions, la ventilation de l'amphithéâtre sera puissante, facile, réglée à volonté selon les besoins, et parfaitement égalisée dans toute la salle, et la température ne pourra jamais s'élever plus qu'on ne le voudra, pendant les cours.

Disons maintenant comment se doivent proportionner les appareils.

Prenons un amphithéâtre qui puisse contenir 1200 personnes. M. Péclet a prouvé que dans une salle de

VENTILATION.

ce genre, la quantité de chaleur dégagée en une heure, par les 1200 auditeurs, suffit et au delà pour compenser

Sur un hiver entier, la quantité moyenne de combustible brûlée par jour variera suivant le nombre

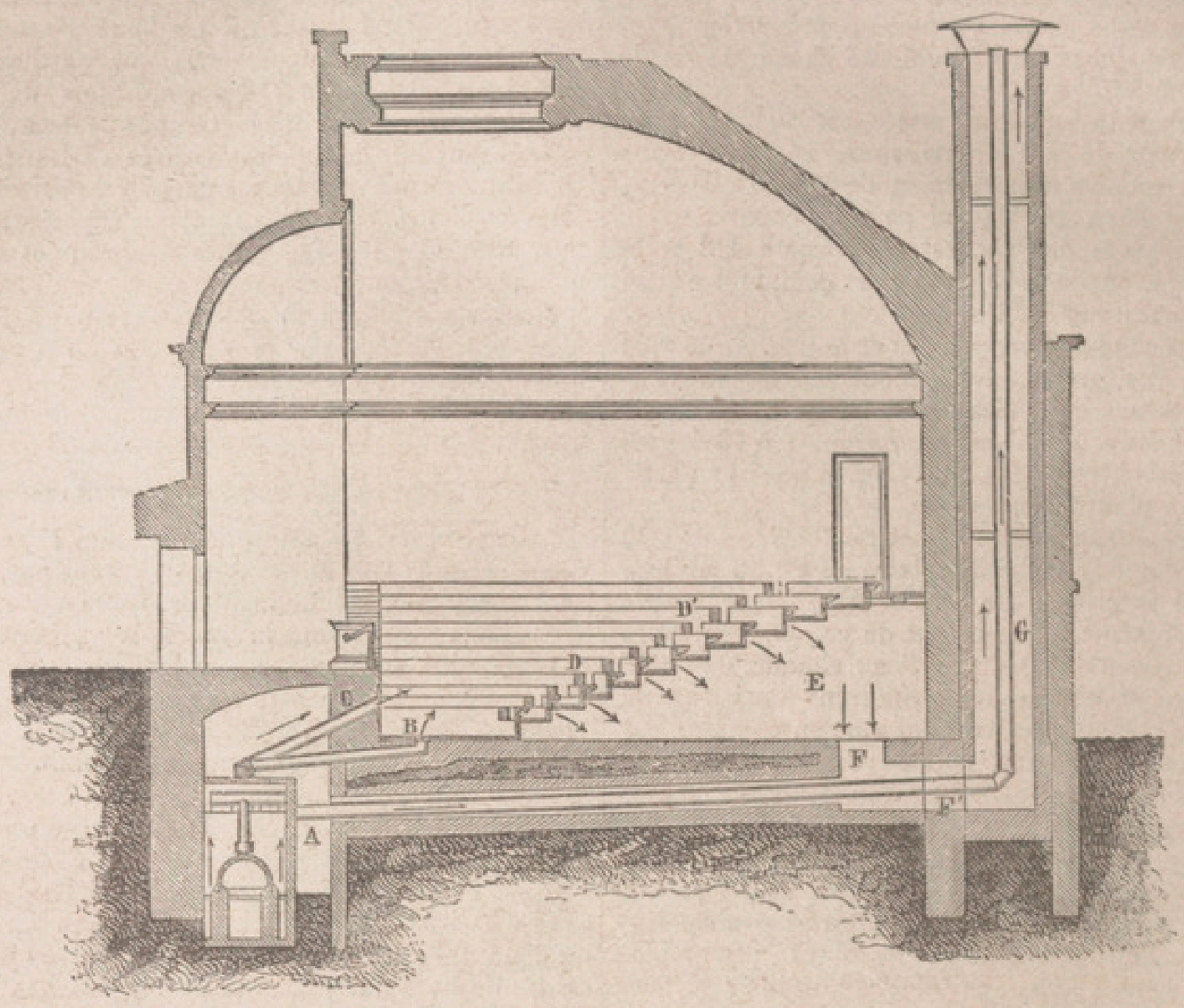


Fig. 17.

les pertes de chaleur des murs et du vitrage. C'est pour cela que dans une salle ainsi remplie, si on ne la ventile pas énergiquement, la température s'élève beaucoup et devient incommode.

Mais dans les salles de cours, le nombre des auditeurs varie souvent dans de très grandes limites; il faut donc que les appareils de chauffage soient assez forts pour suffire aux pertes des murs et du vitrage, avec le nombre minimum reconnu d'élèves.

Avec l'amphithéâtre dont nous parlons, les pertes maximum de chaleur par les murs et les vitres sont à peu près de. . . . . 55 000 cal.

En supposant l'amphithéâtre plein,

La quantité de chaleur dégagée par les 12000 élèves est de. . . . . 57 000 cal.

Avec cette salle ainsi pleine, il ne reste donc plus qu'à fournir la chaleur nécessaire pour échauffer de 20° les 12 000 mètres cubes d'air à donner par heure à raison de 10 mètres par tête, soit:

$$\frac{12000 \times 1^{c},30 \times 20^{\circ}}{4} = \text{calories.}$$

Mais en supposant que l'amphithéâtre ne reçoive parfois que 400 élèves, il faut que les appareils puissent alors donner:

1° La quantité de chaleur demandée par l'air de ventilation. . . . . 78 000 cal.

2° Deux tiers de la chaleur nécessaire pour les pertes extérieures avec un tiers seulement des auditeurs. . . . 37 000 cal.

Soit ensemble. . . . 115 000 cal.

Pour cela il faut deux calorifères à air chaud de 26 ou 27 mètres carrés de chauffage chacun.

des élèves de 225 à 300 kilogrammes de houille, la dépense maximum, répondant, bien entendu, au nombre minimum d'auditeurs.

Quant aux appareils de ventilation, la cheminée, pour débiter par heure 12 000 mètres cubes d'air, ou par seconde. . . . . $3^{m},33$,
aura, avec 1 mètre de vitesse en section. . . $3^{m},50$,
ou en diamètre. . . . . $2^{m},20$.

La somme des ouvertures d'arrivée d'air chaud devra être, à raison de $1^{m},50$ de vitesse d'air, de. . . . . $2^{m},20$.

La somme des ouvertures d'appel à raison de $0^{m},33$ de vitesse seulement, sera de. . . . . 10 mètres.

Il est important d'avoir là de grandes sections et de très faibles vitesses, afin que les courants d'air soient tout à fait insensibles pour les auditeurs.

En admettant 15 rangs de bancs ou banquettes, développant en moyenne 20 mètres chacun, soit. . . . . 300 mètres,
et une ouverture par mètre courant, il y aura dans l'amphithéâtre 300 ouvertures d'appel maillées fin, ou en cuivre ou en fonte à jour, et pour donner ensemble 10 mètres carrés, chacune d'elles aura une surface de. . . . . $0^{m.q},033$,
soit à peu près. . . . . $0^{m},22$, sur $0^{m},15$.

Le canal souterrain qui conduira de la chambre d'appel à la cheminée générale, aura la même section que la cheminée, qu'il soit unique ou qu'il soit partagé en plusieurs canaux, et sera muni de registres faciles à manœuvrer afin de pouvoir régler en un instant la ventilation et la température en raison du nombre des auditeurs.

La quantité de houille brûlée dans le foyer d'appel, pour donner 12 000 mètres cubes de ventilation par heure, sera de.. . . . . 12 à 14 kilogrammes

VENTILATION DES ÉCOLES.

Péclet a indiqué des dispositions simples et efficaces pour ventiler les écoles (fig. 18) à raison de 6 mètres

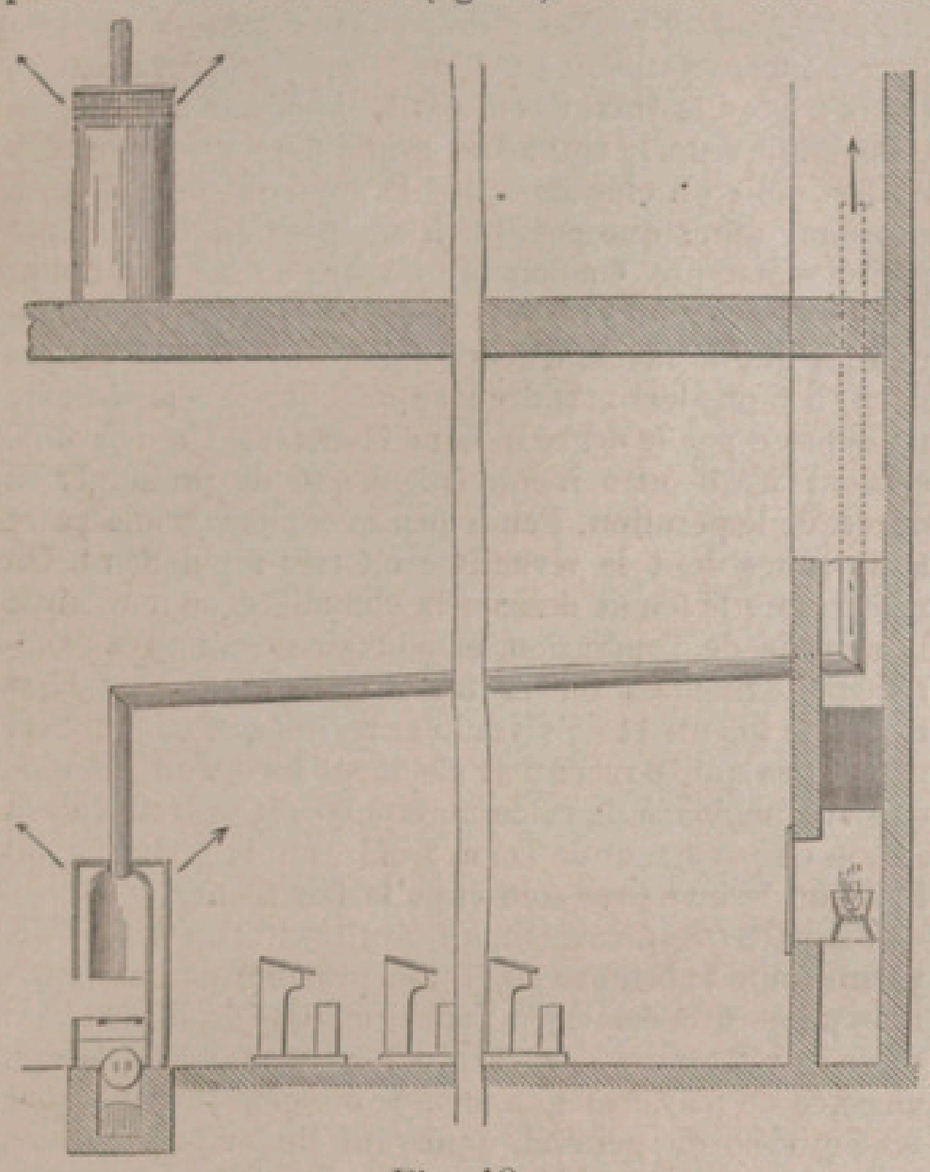


Fig. 18.

cubes par élève, et ces dispositions ont été adoptées, avec les meilleurs résultats, dans beaucoup d'écoles et de salles d'asile.

Un poêle en fonte enveloppé de briques ou avec une chemise en tôle, reçoit l'air pur extérieur, le chauffe et le verse dans la salle. Le tuyau de fumée de ce poêle, après avoir traversé la salle, va monter dans une cheminée d'appel, qui est ouverte en haut de la salle pour emporter au dehors l'air vicié, sous l'action de l'appel du tuyau de fumée. En été, on allume au bas de cette cheminée, ou une lampe ou un fort lampion, ou un petit poêle à combustion lente.

Nous terminerons en rappelant que toutes les questions d'hygiène sont remarquablement traitées dans l'utile dictionnaire d'hygiène du docteur Tardieu.

Enfin nous rappellerons que les emplois de l'air comprimé par la ventilation sont traités à l'article AIGUISAGE et surtout à l'article AIR COMPRIMÉ du *Complément*.

Ph. GROUVELLE.

VERNIER. Instrument qui permet d'apprécier facilement de minimes longueurs avec une grande exactitude. Voici son principe:

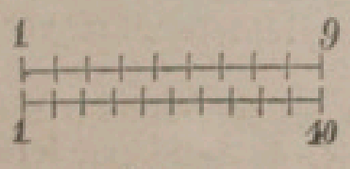


Fig. 1.

Soit, par exemple, une ligne divisée en dix parties égales, et une autre ligne égale et divisée en 9 parties, il est évident que la première division de la seconde dépassera celle de la première de $\frac{1}{10}$ de cette division, la seconde de $\frac{2}{10}$, et ainsi de suite.

L'usage du vernier est facile à concevoir. Lorsqu'une longueur doit être mesurée avec une règle divisée en parties égales et qu'on a trouvé que l'extrémité de cette longueur tombe entre deux divisions, si on applique l'extrémité du vernier sur ce point, on trouvera qu'au nombre des divisions devra s'ajouter un nombre fractionnaire, dont le numérateur sera donné par le rang de la division du vernier qui coïncide avec une division de la règle et le dénominateur par le nombre de divisions qui comprend la longueur du vernier.

Vernier pour les épaisseurs. M. Palmer a combiné un petit vernier très-commode pour apprécier les épaisseurs.

Cet instrument porte à l'une de ses extrémités un

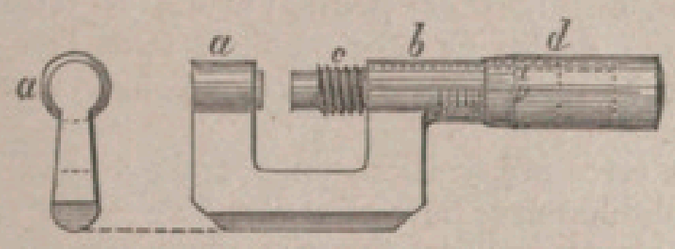


Fig. 2.

talon *a* sur lequel on appuie l'objet à calibrer; à l'extrémité opposée est un cylindre *b* divisé extérieurement dans le sens longitudinal en millimètres, et faisant fonction d'écrou pour une vis *c*, dont le pas est d'un millimètre. Sur le cylindre roule une virole *d*, amincie en biseau, fixée à la vis et portant sur sa circonférence vingt divisions égales correspondant, par conséquent, à des vingtièmes de millimètre. Ces divisions sont telles que, lorsque l'extrémité de la vis est serrée contre le talon, les zéros du cylindre fixe et de la virole coïncident. Toutes les fois que cette coïncidence des zéros se présente, l'épaisseur est déterminée par un nombre entier de millimètres indiqué sur l'échelle longitudinale du cylindre fixe; lorsque les zéros ne coïncident pas, l'épaisseur est égale au nombre de millimètres qu'on lit sur le cylindre, plus le nombre de vingtièmes indiqué sur la virole.

VERMILLON (*angl.* cinnabar, vermillion, *all.* zinnober). Ce corps est un sulfure de mercure composé de:

Mercure.	86,3	HgS.
Soufre..	13,7	
	100,0	

On le trouve dans la nature et c'est même le minerai de mercure le plus abondant; les échantillons massifs très-purs sont seuls employés dans la peinture; mais la plus grande partie du cinabre versé dans le commerce est un produit artificiel qui a la même composition et les mêmes caractères que le cinabre naturel. En masse le cinabre présente une couleur d'un violet foncé qui devient d'un rouge très-vif par la porphyrisation; en cet état de ténuité il porte le nom de *vermillon*.

Le cinabre est insoluble dans l'eau, infusible et volatil sans décomposition à une température voisine du rouge, pourvu toutefois qu'on le distille à l'abri du contact de l'air; car, dans ce cas, il se décomposerait en acide sulfureux et en mercure. Les vapeurs de cinabre forment en se condensant une masse cristalline dans laquelle on distingue de belles aiguilles hexaèdres.

La plus grande partie du cinabre que l'on trouve dans le commerce se prépare par voie sèche; toutefois celui préparé par voie humide possède un éclat beaucoup plus vif que le précédent, mais qui revient ordinairement à un prix plus élevé; sa préparation est très-délicate.

M. Tuckert a publié (*Annales de Chimie*, IV) un très-bon mémoire sur la fabrication du cinabre hollandais, le plus beau de ceux obtenus par voie sèche, dont nous extrayons ce qui suit:

La fabrique, dit-il, dans laquelle j'ai assisté plusieurs fois à la fabrication du sulfure de mercure sublimé, est celle de M. Brand, à Amsterdam, et l'une des plus considérables de la Hollande; on y fabrique annuellement dans trois fourneaux, et par le moyen de quatre ouvriers, 24,000 kilogrammes de cinabre, sans compter les autres préparations mercurielles. On y suit le procédé que je vais décrire:

On prépare d'abord l'*éthiops* ou sulfure noir, en mêlant ensemble 75 kilogrammes de soufre et 540 kilogrammes de mercure pur; puis exposant ce mélange à un feu modéré dans une chaudière de fer plate et polie de $0^m,32$ de profondeur sur $0^m,80$ de diamètre. Jamais

ce mélange ne s'enflamme à moins que l'ouvrier n'ait point encore acquis l'habitude nécessaire.

On broie ce sulfure noir, ainsi préparé, afin d'en remplir facilement de petits flacons de terre, de la contenance de 3/4 de litre ou environ, et l'on remplit d'avance 30 ou 40 de ces flacons, pour s'en servir au besoin.

Après cette préparation, on a trois grands pots ou vases sublimatoires faits d'argile et de sable très-pur; ces vases sont enduits d'avance d'une couche de lut, afin qu'elle ait eu le temps de sécher lorsqu'on veut les employer. On pose ces pots sur autant de fourneaux cerclés en fer et adossés contre une voûte élevée et capable de résister au feu. Les fourneaux sont construits de manière à ce que la flamme circule librement autour des pots, qui peuvent être de diverses grandeurs, et qu'elle environne jusqu'aux 2,3 de leur hauteur.

Lorsque les pots sont posés sur leurs fourneaux, on allume le soir dans ceux-ci un feu modéré que l'on augmente graduellement jusqu'à faire rougir les pots. On se sert, à Amsterdam, de tourbe pour ce travail. Lorsque les pots sont rouges, on verse dans le premier un flacon de sulfure noir de mercure, ensuite on en fait autant dans le second, puis dans le troisième. On peut dans la suite en verser deux, trois, et même davantage à la fois; cela dépend de la plus ou moins forte inflammation du sulfure de mercure. Après son introduction dans les pots, la flamme s'en élève quelquefois à 1 et même 2 mètres de hauteur; lorsqu'elle est un peu diminuée, on recouvre les pots avec une plaque en fonte de $0^m,40$ de diamètre et de $0^m,04$ d'épaisseur, qui s'y applique parfaitement. On introduit ainsi, en 34 heures, dans les trois pots, toute la matière préparée, ce qui fait pour chaque pot 180 kilogrammes de mercure et 25 kilogrammes de soufre, en tout 205 kilogrammes. Toute la matière une fois introduite, on continue le feu dans un juste degré, et on le laisse éteindre lorsque le tout est sublimé, ce qui exige 36 heures de travail. On reconnait que le feu est trop fort ou trop faible, par la flamme qui s'élève lorsqu'on ôte le couvercle de fonte; dans le premier cas elle s'élève à une grande hauteur au-dessus du pot, dans l'autre elle ne paraît pas ou ne fait que toucher faiblement l'ouverture des pots. Le degré de feu est convenable lorsque, en enlevant le couvercle, on voit paraître vivement la flamme sans qu'elle s'élève à plus de $0^m,10$ au-dessus de l'ouverture.

Dans les dernières 36 heures, on remue tous les quarts-d'heure ou demi-heures la masse avec une tringle en fer, pour en accélérer la sublimation.

Après que le tout est refroidi, on retire les pots avec les cercles en fer qui empêchent qu'ils ne crèvent, et on les casse. On trouve constamment dans chaque pot 200 kilogrammes de cinabre sublimé: ce qui fait seulement 2 1/2 p. 100 de perte sur la quantité totale de soufre et de mercure employés.

Le cinabre sublimé en masse est ensuite broyé à l'eau, soumis à la lévigation et séché; il est d'autant plus beau qu'il est réduit en parties plus tenues.

La préparation du cinabre par voie humide, due à *Kirchoff*, a été perfectionnée depuis au point de donner un produit dont la beauté ne le cède en rien á celle du cinabre de Chine.

Voici, d'après *Brunner*, quel est le meilleur mode d'opérer: on triture ensemble 300 parties de mercure et 114 parties de soufre, pendant plusieurs heures, jusqu'à ce que le tout se soit réduit en une poudre noire dans laquelle on n'aperçoive plus aucun globule de mercure. Cette opération s'accélère notablement lorsqu'on ajoute au mélange une petite quantité d'une dissolution de potasse du commerce. On peut s'épargner le travail de la trituration en introduisant le mercure et la fleur de soufre dans de fortes bouteilles que l'on bouche bien, et que l'on attache solidement sur un châssis auquel on imprime un mouvement de va-et-vient au moyen d'un moteur quelconque. On ajoute à la poudre noire ainsi obtenue une dissolution de 75 parties de potasse à la chaux dans 400 parties d'eau, et on continue la trituration encore pendant quelque temps; on porte ensuite le tout dans le travail en petit, dans une capsule, en porcelaine, dans le travail en grand dans une chaudière en fer poli; on chauffe à 45° C. au bain-marie, et on cherche autant que possible à maintenir cette température constante. On doit remplacer de temps en temps l'eau qui se vaporise. Après une couple d'heures, on remarque que la masse d'abord noire devient d'un rouge-brun; il faut alors prendre bien soin que la température ne dépasse pas le degré indiqué ci-dessus. Un défaut de chaleur n'a d'autre inconvénient que de prolonger la durée de l'opération. Peu à peu la couleur brune passe à un rouge dont la vivacité croît très-rapidement. On retire alors le feu de dessous la chaudière, pour ralentir la marche de l'opération, et pouvoir reconnaître exactement le moment où la teinte a acquis le plus haut degré de beauté et de vivacité; aussitôt que ce point est atteint, ce qui se reconnaît aisément lorsqu'on a acquis quelque habitude de cette manipulation, on refroidit la masse en y versant de l'eau froide, on la jette sur un filtre, on la lave avec soin et on la fait sécher.

VERNIS (*angl.* varnish, *all.* firnitz). Si l'on définissait vernis toute substance en état de procurer aux corps solides un certain éclat, par l'effet combiné de la réflexion et de la réfraction des rayons lumineux, l'eau pure ou chargée de matières gommeuses ou gélatineuses, tous les liquides, en général, jouissant de cette propriété, pourraient être considérés comme de véritables vernis; mais, le lustre que l'eau et la plupart des liquides produisent, disparaissant par l'évaporation ou la dessiccation du fluide lui-même, les couches gélatineuses ou gommeuses qui restent à la vérité luisantes après la disparition de l'eau, ne pouvant résister à l'humidité de l'air, ni aux lavages, ne méritent pas le nom de vernis. Nous le réserverons seulement aux matières résineuses ou gommo-résineuses, qui, en dissolution ou en suspension dans un liquide approprié, et en cet état, étendues à la surface des corps, continuent, même après l'évaporation ou la dessiccation du véhicule qui facilite leur application sur ces corps, d'y adhérer fortement et d'y former une couche luisante, unie, solide et transparente, inattaquable par l'air et par l'eau pendant un espace de temps plus ou moins long. D'après cette définition, on comprendra de suite que les vernis ne doivent pas être seulement brillants, qu'il faut en outre qu'ils ne changent pas sensiblement la teinte naturelle ou artificielle des corps sur lesquels ils sont appliqués.

Faire des vernis, c'est donc simplement diviser, étendre les molécules résineuses dans un liquide approprié, de telle manière qu'après l'évaporation complète de ce liquide, ces molécules puissent reprendre la couleur, l'éclat et la solidité dont elles jouissent dans leur état normal. C'est le cas des vernis préparés au moyen de l'éther et de l'alcool.

Ou bien: c'est diviser, étendre les molécules résineuses dans un liquide approprié, de telle manière qu'après la complète dessiccation du liquide interposé, ces molécules, en vertu de la force de cohésion et d'attraction qui leur est propre, puissent reprendre, non plus leur couleur, leur éclat et leur solidité premiers, mais cette couleur, cet éclat et cette solidité, modifiés par les particules desséchées du liquide qui continuent ainsi de les diviser, de les éloigner les unes des autres. C'est le cas des vernis préparés au moyen de l'essence de térébenthine [1] et de l'huile.

---

(1) L'essence de térébenthine résinifiée à l'air communique aux autres résines une certaine souplesse qu'elles

On pourrait donc à la rigueur ne former que deux genres de vernis. Dans le premier seraient compris les vernis à l'alcool et à l'éther, c'est-à-dire ceux qui, après leur dessiccation, ont entièrement perdu le liquide qui divisait leurs parties résineuses. Le second genre comprendrait les vernis à l'essence et à l'huile; c'est-à-dire ceux qui, après leur dessiccation complète, en ont conservé une certaine quantité.

Mais, comme les vernis à l'éther, à l'alcool, à l'essence et à l'huile, présentent d'ailleurs des caractères tout différents, plus faciles à saisir, soit sous le rapport de l'odeur, de la rapidité de la dessiccation, de la solidité ou résistance à l'air, etc., ce qui rend les uns plus propres que les autres à certains emplois spéciaux, nous en ferons quatre genres, non seulement pour nous conformer à l'usage, mais encore pour les classer d'une manière logique et naturelle.

Dans le premier genre, nous placerons les *vernis à l'éther*, comme ceux où le véhicule est le plus facile à s'évaporer à la température ordinaire, comme étant par conséquent les plus siccatifs.

Le deuxième genre comprendra les *vernis à l'alcool*, c'est-à-dire ceux où l'évaporation du liquide est la plus rapide après celle de l'éther.

Le troisième genre comprendra les *vernis à l'essence*, c'est-à-dire ceux qui sont moins siccatifs encore que ceux à l'alcool, parce que le liquide, bien que s'évaporant rapidement, délaisse cependant un résidu appréciable d'essence grasse (1), mollasse et visqueuse pendant longtemps, et retardant, par cela même, la complète dessiccation, ou, si l'on veut, la complète solidification de la couche résineuse produite.

Le quatrième genre comprendra les *vernis gras* ou à l'huile, moins siccatifs encore que ceux à l'essence, parce que le véhicule (huile et essence) qui sert à les préparer, est celui de tous qui se dessèche le plus lentement et qui fournit les résidus les plus abondants; 10 p. 100 environ de l'essence, et 12,50 p. 100 de l'huile employée.

Causes qui rendent les vernis plus ou moins siccatifs. Si, chez les vernis de troisième et quatrième genre, la nature molle et la plus ou moins grande abondance des résidus que délaisse le véhicule dans la composition de la couche résineuse à solidifier, influent sur la rapidité de cette solidification ou dessiccation; car, ces deux mots expriment exactement la même idée, dans tous les genres, il est évident que la nature plus ou moins sèche de la résine ou des résines dont les vernis sont composés, n'influera pas moins sur cette même dessiccation en la favorisant ou en la retardant.

Dans chaque genre, on trouvera donc des vernis plus siccatifs et d'autres moins siccatifs, selon que les diverses formules comporteront telles ou telles autres résines; selon que les matières molles ou gluantes, et par suite lentes à se dessécher, s'y trouveront plus ou moins dominantes sur celle de nature plus sèche.

Causes qui concourent à rendre les vernis durables. Une couche de vernis desséchée sera-t-elle d'autant plus résistante aux chocs, aux frottements, à l'action de l'air, du soleil, etc.; sera-t-elle d'autant plus durable, qu'elle sera composée de matières plus sèches, plus dures? Non, car une pellicule de vernis uniquement composée de substances résineuses, sèches et dures, ne saurait résister à l'action des corps en état de l'endommager autant que si elle était moins dure, moins rigide. Elle éclaterait ou s'écraserait sous le moindre choc, se fendillerait par la dessiccation, choses qu'elle ne ferait pas si elle avait plus de liant. La térébenthine que l'on adjoint aux résines dans les vernis à l'alcool, l'essence grasse qui reste dans les vernis à l'essence après leur dessiccation, la petite partie d'huile desséchée, qui, avec une certaine quantité d'essence grasse, se trouve mélangée aux résines des vernis gras arrivés à leur point de dessiccation, toutes ces substances n'ont d'autre office que de modifier, de ramollir les résines, les rendre ainsi moins faciles à sécher, à reprendre leur solidité première; mais, en même temps, de les mettre mieux en état de résister aux chocs, aux frottements, et aussi à l'action destructive de la lumière et de la chaleur solaire des gaz atmosphériques, etc., etc.

Cela bien entendu, l'on comprendra pourquoi les vernis les plus siccatifs sont les moins durables; pourquoi les vernis les plus lents à sécher sont les plus solides, dès qu'ils ont atteint le degré de dessiccation qui leur convient; et, comme en tout, il y a une limite à garder, l'on comprendra qu'il faut prendre un bon intermédiaire, afin d'obtenir, tout à la fois, un vernis suffisamment siccatif pour ne pas rester trop longtemps exposé à la poussière ou à être enlevé par les frottements, et suffisamment liant pour ne pas se casser, se fendiller, s'oxyder trop vite et tomber en poussière sous l'action de toutes les causes en état d'opérer ces effets.

A quoi tient la coloration des vernis. 1° On sait que les résines, telles qu'elles arrivent des lieux qui les fournissent au commerce, soit en caisses, soit en balles, sont toujours un mélange de trois nuances au moins que l'on sépare à la main, pour faire ce que l'on appelle le premier, le deuxième et le troisième choix, après lesquels il reste encore ce que l'on nomme *la pousse* dans les résines tendres, *les marrons* dans les résines dures. Il va sans dire que le vernisseur utilise le tout pour former trois ou quatre nuances de vernis, trois ou quatre *numéros*, comme on le dit en fabrique. Dans chaque genre, à égalité de composition, on obtiendra donc des vernis de même solidité, mais de nuances plus ou moins foncées, selon qu'on aura employé le premier, le deuxième, le troisième choix, la pousse ou les marrons des matières résineuses pour les composer. La coloration des vernis tient donc essentiellement à l'état de coloration des résines elles-mêmes.

2° Mais, en outre des soins apportés à bien assortir les nuances des matières résineuses, comme dans leur état naturel elles sont toujours plus ou moins propres, plus ou moins mélangées de particules d'écorces, de sable ou même de terre, un amateur, désireux de faire de beaux et bons vernis, aura toujours le soin de les monder, au couteau, de toutes les impuretés qu'il pourra enlever ainsi; non content de cela, il les mettra dans de l'eau de rivière, les y fera bouillir, et après les y avoir bien brassées, il les rincera à l'eau froide, et les fera sécher ensuite sur des toiles, au soleil. Cette opération a pour but de débarrasser les morceaux de toutes les substances graisseuses ou autres qui les salissent, et de les rendre plus facilement dissolubles dans les différents véhicules au moyens desquels on les transformera en vernis.

Mais, indépendamment de ce premier lavage, lorsqu'il s'agira de vernis qu'on veut obtenir de première blancheur et limpidité, dans les deuxième et troisième genres, il est convenable de les laver une seconde fois avec de l'alcool ou de l'essence de térébenthine avant de les mettre dans l'alcool ou l'essence qui les dissoudra définitivement; on achèvera ainsi de monder les résines de la croûte plus ou moins oxydée et opaque dont chaque morceau se trouve toujours enveloppé, et l'on obtiendra des vernis incomparablement plus brillants. L'alcool ou l'essence qui ont servi pour ce lavage sont mis à part; on les emploie dans les vernis de moindre qualité.

---

ne possèdent pas par elles-mêmes, et les rend ainsi un peu plus durables à l'air. C'est pour cette raison que les vernis à l'essence sont plus solides que ceux à l'alcool.

(1) L'essence grasse égale environ 10 p. 100 de l'essence employée. En d'autres termes, 10 kil. d'essence fournissent 1 kil. d'essence grasse.

3° Les instruments et les vases dont on se sert dans la préparation des vernis doivent être toujours parfaitement propres et bien nettoyés. Il serait absurde, en effet, de prendre tant d'embarras à purifier les résines pour les traiter ensuite dans des vases malpropres. Ce qu'on gagne d'un côté on le perdrait de l'autre.

4° Enfin le feu ayant pour effet de toujours décomposer les résines, et cette décomposition d'amener toujours une coloration d'autant plus intense qu'elle est plus profonde, il est d'une extrême importance de ne laisser la résine sur le feu que le moins de temps possible, et de la bien remuer alors qu'elle y est, pour l'empêcher de s'attacher au fond, de se brûler.

I. VERNIS A L'ÉTHER SULFURIQUE.

Nous extrayons cette formule de l'ouvrage de Tingry, qui donne ce vernis comme propre à réparer les accidents qui arrivent fréquemment aux émaux sur bijoux, en servant de glace aux vernis colorés qu'on emploie pour rétablir les parties éclatées et l'ensemble de la peinture.

« Prenez : Copal ambré. . . . . 5 grammes.
Éther sulfurique pur. . . 2 —

« Introduisez le copal en poudre fine, par petites parties, dans un flacon qui contient l'éther; bouchez le flacon au liége, agitez le mélange pendant une demi-heure, laissez-le en repos jusqu'au lendemain ; si, en secouant alors le flacon, les parois intérieures se couvrent de petites ondes, ou si la liqueur n'est pas très claire, la solution n'est pas complète, et pour l'achever, il faut y ajouter 2 grammes d'éther ; agiter, puis après le laisser en repos.

« Le vernis ainsi préparé est d'une légère couleur citrine ; il est tellement siccatif qu'il bouillonne sous le pinceau par l'effet de la trop rapide évaporation de l'éther. On parvient cependant à la retarder en passant sur la pièce à vernir une couche légère d'huile de romarin, de lavande ou même d'essence de térébenthine, qu'on enlève immédiatement avec un linge; le peu qui en reste suffit pour ralentir suffisamment l'évaporation de l'éther et permettre qu'on puisse étendre le vernis. »

II. VERNIS A L'ALCOOL.

Les qualités d'un bon vernis à l'alcool sont d'être incolore, limpide et transparent lorsqu'il est appliqué à la surface des corps, d'y former, quand il est sec, une glace unie, brillante, solide, assez résistante pour ne pas être trop facilement rayée par le frottement des corps durs ; enfin, d'avoir du liant, du corps, et de ne pas s'écailler ni se fendiller par suite des variations de la température et de la complète évaporation de l'excipient qui l'a rendu extensible sur les corps.

La coloration des vernis alcooliques tient aux mêmes causes que celles des autres vernis. Elle dépend du choix des matières composantes, des soins qu'on a apportés pour les monder ou les laver, de la propreté des vases où ils sont préparés, enfin du temps plus ou moins long qu'on a mis pour dissoudre les résines sur le feu.

La dureté des vernis dépend sans doute principalement de la dureté même des résines composantes, mais nous savons déjà que les résines sèches ne suffiraient pas seules pour produire des vernis possédant toutes les qualités que nous venons d'énumérer. C'est pourquoi on leur associe des résines plus molles, plus gluantes et même demi-liquides, en diverses proportions. De là cette foule de formules plus ou moins rationnelles qu'on trouve répandues dans tous les livres, dans tous les ateliers, qu'on dit toutes excellentes, et auxquelles chacun tient.

Si nous recherchons pourquoi chaque artiste, chaque fabricant tient à sa formule, nous ne tarderons pas à nous convaincre qu'ils ont tous des raisons suffisantes pour en agir ainsi, ceux-ci parce qu'ils ont reçu ces formules de leur père, qu'ils en connaissent parfaitement l'emploi et la durée, aussi se gardent-ils d'y rien changer; les autres, au contraire, poussés par la concurrence, ont dû rechercher les moyens, sinon d'améliorer, au moins de pouvoir vendre leurs produits au même prix, sinon à meilleur marché que leurs confrères.

Il y a donc deux espèces de formules : les unes, invariables parce qu'elles sont bien, qu'on les connaît à l'effet, et que cet effet est suffisant pour le but qu'on se propose; les autres essentiellement variables avec le prix qu'on veut y mettre. Nous ferons connaître les unes et les autres. Cela nous paraît d'autant plus urgent que l'industrie tend et doit toujours tendre à abaisser le prix de ses produits, pour les rendre ainsi toujours de plus en plus accessibles à la masse des consommateurs.

De la solution des matières résineuses dans l'alcool. La solution des résines dans l'alcool s'opérant toujours en raison inverse de la quantité d'eau qu'il contient, et le vernis résultant de cette solution étant toujours d'autant plus brillant et siccatif que l'alcool est plus pur, moins aqueux, on ne doit employer, pour les vernis qui nous occupent, que de l'alcool à 40 degrés, ou tout au moins à 36°, et parfaitement incolore (voyez ALCOOL).

Les matières résineuses qui entrent dans les diverses formules que nous donnerons bientôt se dissolvent dans l'alcool de trois manières : 1° par simple digestion à la température ordinaire ; 2° au bain-marie ; 3° enfin, au feu nu. Nous allons décrire successivement chacune de ces méthodes d'en opérer la dissolution.

Première méthode. *Par digestion.* On renferme l'alcool et les matières résineuses dans une bouteille qu'on a le soin de ne remplir qu'aux trois quarts afin que les vapeurs alcooliques puissent librement circuler, et l'on bouche bien la bouteille pour que l'alcool ne s'affaiblisse pas et ne laisse pas précipiter les parties résineuses qu'il a dissoutes au commencement de l'opération. On place cette bouteille à l'ombre, au soleil ou à l'étuve, on se contente de l'agiter souvent pour renouveler les surfaces et faciliter l'action de l'alcool sur les résines. La disparition complète de la résine indique que le vernis est terminé. Il ne s'agit plus alors que de tirer à clair et de filtrer le liquide obtenu pour lui donner le degré de transparence qu'on recherche dans tous les vernis.

2ᵐᵉ méthode, *au bain-marie.* Lorsqu'on termine les digestions par quelques heures d'exposition au soleil ou dans l'étuve, cette méthode se rapproche un peu de l'usage du bain-marie, et demande comme lui la précaution de renouveler les surfaces pour faciliter la complète dissolution des matières non dissoutes.

Ce deuxième moyen est plus expéditif sans doute que le premier ; mais le calorique ayant toujours pour effet de colorer les résines, les vernis qui en résulteront seront toujours plus fortement teintés que ceux fournis par une simple digestion. Nous avouerons cependant qu'il est certaines résines dont on ne ferait rien en fabrique sans l'emploi de ce moyen; leur solution se ferait trop attendre.

3ᵐᵉ méthode. L'usage du bain-marie, qui fournit le moyen de préparer les vernis beaucoup plus rapidement que la simple digestion, est encore trop lent pour les besoins du fabricant. On lui préfère la troisième méthode, c'est-à-dire *la solution des résines dans l'alcool à feu nu*, bien qu'elle donne des vernis plus colorés encore que la deuxième; mais elle permet d'opérer rapidement, de produire beaucoup en peu de temps. Les vernis sont moins beaux sans doute que par les deux autres procédés, mais ils satisfont aux exigences de la pratique, on fait plus et à moindres frais ; c'est ce qu'il faut.

Les vernis à l'alcool ne sont employés que dans les intérieurs pour faire l'office de glace. Ils sont en général brillants et souples, mais ils ont peu de corps et de consistance. Ils conviennent aux objets de toilette, cartons, découpures, étuis, boîtes, et meubles amovibles; mais ils jaunissent bien vite, surtout ceux qui contiennent beaucoup de térébenthine, et, comme ils n'ont pas tous le même degré de solidité, nous en ferons quatre sections : 1° les vernis de résines tendres, 2° les vernis de résines tendres bonifiés, 3° les vernis de copal, 4° les vernis de gomme laque.

Vernis des résines tendres. — Vernis pour découpures, bottes, étuis, etc., par Tingry.

Prenez :	Alcool à 36 ou 40°. . . .	32	grammes.
	Mastic lavé deux fois. . .	6	—
	Sandaraque —	3	—
	Térébenthine de Venise. .	3	—
	Verre pilé.	4	—

Manière d'opérer au bain-marie. Mélangez le verre pilé au mastic et à la sandaraque préalablement mis en poudre; mettez le tout dans un matras en cuivre étamé à col court, ou dans un ballon en verre d'une contenance double au moins de la quantité de liquide que vous emploierez dans l'opération; ajoutez-y l'alcool, placez ce matras ou ce ballon sur une couronne en paille dans le fond d'un bain-marie, et faites en sorte de l'assujettir solidement pour qu'il ne puisse se déranger ni changer sa position verticale; faites arriver de l'eau tiède dans le bain-marie, peu après remplacez-la par de l'eau bouillante, qui ne doit jamais manquer jusqu'à la fin de l'opération.

Ayez un bâton en bois blanc bien sec, arrondi par un bout et assez long pour que vous puissiez vous en servir à remuer vos matières, afin de renouveler souvent les surfaces à l'action de l'alcool et vaincre l'union que les résines tendent à contracter par l'impression du calorique; au bout de deux heures, la solution des résines étant achevée, ajoutez la térébenthine que vous aurez fait liquéfier à part dans une fiole en la trempant dans l'eau du bain-marie; mêlez bien et laissez encore le matras dans le bain-marie pendant une demi-heure, puis retirez-le et agitez-le de temps en temps, jusqu'à ce que le vernis soit refroidi; vous éviterez ainsi toute précipitation de résine. Le lendemain, soutirez le vernis et filtrez-le au coton.

Tel est le procédé le plus simple au moyen duquel on peut préparer en petit tous les vernis à l'alcool ou à l'essence de térébenthine. Au moyen de l'alambic tel que Tingry l'a modifié en le munissant d'un agitateur, mais qu'on pourrait améliorer encore en se servant de la vapeur à un degré constant, on pourrait sans aucun doute préparer les vernis en grand, et tout à la fois éviter les chances de feu et jusqu'à la moindre déperdition d'alcool.

Vernis de Watin pour objets sujets à des frottements comme meubles, chaises, bois d'éventails, chambranles.

Prenez :	Sandaraque choisie et lavée.	4	parties.
	Mastic. — —	1	—
	Térébenthine claire. . . .	1	—
	Verre pilé.	1	—
	Alcool à 36 ou 40°. . . .	8	—

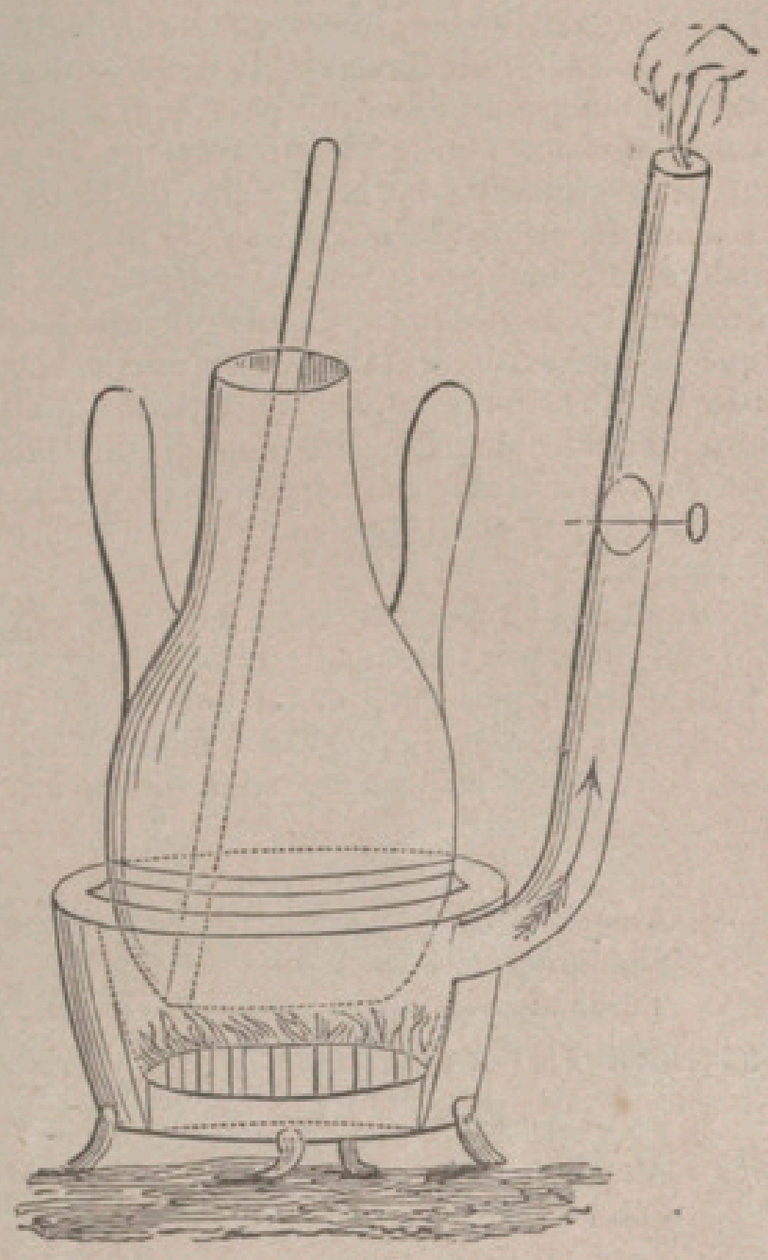
que vous traiterez au bain-marie comme le précédent.

Vernis de Tingry.

Prenez :	Galipot choisi.	3	parties.
	Résine animée. } de chaque. . . .	1	—
	Élémi. . . . . }		
	Verre pilé.	2	—
	Alcool à 36°.	16	—

que vous traiterez également au bain-marie.

Ce dernier vernis peut être employé aux mêmes usages que le premier; cependant il convient mieux aux lambris colorés ou non colorés. Il peut même servir de glace aux parties qui portent une couleur à détrempe forte.



2528.

Vernis du commerce. Sous la réserve des observations que nous avons faites précédemment, nous allons donner les formules des vernis du commerce tels qu'ils se vendent et la manière de les fabriquer en grand.

Ces formules varient de maison à maison; car, en général, le fabricant est tenu à fournir pour le même prix que ses confrères, souvent même d'après le prix que le consommateur veut y mettre. La considération du prix auquel on devra vendre est donc la première à laquelle on doive avoir égard. Il est inutile d'ajouter ici que les formules de la première division de cette section n'auront jamais autant de brillant, ne seront jamais aussi incolores que ces mêmes vernis où l'on aura supprimé une partie des résines sèches pour les remplacer par de la térébenthine; par la raison simple que moins il y a de résine sèche à fondre dans l'alcool, moins le vernis a besoin de rester sur le feu. Avec beaucoup de térébenthine, les vernis sont moins solides, il est vrai, mais on les obtient presque sans couleur, et l'absence de toute coloration, très souvent, est la question capitale pour le marchand comme pour l'acheteur.

Vernis à découpures, à bois de Spa, etc.

Prenez :	Alcool à 40°. . . .	18	litres.
	Sandaraque lavée deux fois.	5	kil.
	Térébenthine suisse. . .	4k,50.	

Méthode à feu nu. On met la sandaraque avec les deux tiers de l'esprit de vin dans un matras en cuivre étamé et armé d'un panache; on porte ce matras sur un fourneau en tôle garni de terre en dedans (voir la fig. 2528) où le matras s'emboîte bien, et, au moyen du panache, ne laisse aucun passage à la flamme. Le feu doit être très modéré, plutôt faible que fort, et fait au charbon de bois. On a un bâton en bois blanc bien sec avec lequel on remue continuellement la résine pour éviter qu'elle ne s'attache au fond du matras et ne colore le vernis. Lorsque la teinture alcoolique bout,

monte en écume, et tend à sortir du matras, on la refroidit (on l'arrose en terme de fabrique), en y ajoutant un peu de l'esprit-de-vin qu'on a réservé tout exprès pour cela, et on continue à en agir de même chaque fois que le liquide tend à sortir, jusqu'à ce qu'enfin toute la résine soit fondue ; alors on tire le matras du feu et l'on y verse immédiatement la térébenthine, que l'on a fait liquéfier à part dans un petit matras de grandeur suffisante ; on remue vigoureusement le vernis pendant deux minutes pour bien mélanger la térébenthine : alors on reporte le matras sur le feu, toujours très modéré, et, lorsque le vernis bout, ce qui arrive ordinairement après un quart d'heure, et même moins, selon que la térébenthine était plus ou moins chaude ; laissez-le bouillir, mais enlevez-le aussitôt qu'il est couvert de mousse blanche, sans quoi il sortirait, du matras presque plein, une écume qui se répandrait sur le fourneau, et le feu ne manquerait pas de se déclarer dans le matras.

Au sortir du feu, on passe le vernis à travers un tamis posé dans un entonnoir sur une tourie en grès qu'on a eu soin de chauffer un peu pour éviter que la chaleur du vernis ne la fasse éclater, auquel cas il faudrait le transvaser de suite dans un autre, sous peine de tout perdre.

Vernis surfin.

Prenez : Alcool à 36°. . . . . 24 litres.
Sandaraque. . . . . 5 kil.
Térébenthine suisse. . . 7 kil.

que vous traiterez à feu nu comme le précédent.

Vernis n° 1.

Prenez : Alcool à 36°. . . . . 20 lit.
Sandaraque. . . . . 4 kil.
Térébenthine suisse. . . 11 kil.

Traitez à feu nu comme les précédents.

Vernis n° 2.

Prenez : Alcool à 36°. . . . . 10 lit.
Sandaraque. . . . . 2 kil.
Térébenthine de Bordeaux. 5 kil.

Traitez à feu nu comme les précédents.

Vernis n° 3.

Prenez : Alcool à 36°. . . . . 8 lit.
Pousse de sandaraque. . 2 kil.
Térébenthine de Bordeaux. 3 kil.
— de Pise. . . 3 kil.

Traitez à feu nu comme les précédents.

Vernis n° 4 *ou à bois.*

Prenez : Arcanson en morceaux. . . 11 kil.
Galipot. . . . . 4 kil.
Essence de térébenthine. . 4 kil. 50
Alcool à 36°. . . . . 18 lit.
Pousse de sandaraque. . 1 kil.

Fondez séparément à feu nu, d'une part, l'arcanson et le galipot dans l'essence de térébenthine, et, d'autre part, la pousse de sandaraque dans l'alcool avec les précautions recommandées ci-dessus ; puis, réunissez ces deux vernis en versant celui à l'alcool dans celui à l'essence ; faites bouillir le tout pour les bien incorporer l'un avec l'autre, et passez au tamis dans une tourie le vernis que vous aurez obtenu.

Vernis de copal par intermède de l'éther (1). Berzélius annonce que si l'on met de la poudre de copal en digestion dans l'éther sulfurique et qu'on chauffe la masse sirupeuse qu'il forme jusqu'à l'ébullition, qu'on la mêle avec de petites quantités d'alcool chaud (d'une densité de 0,82 ou au-dessous), qu'on agite le tout, la résine se dissout en une liqueur limpide que l'on peut ensuite étendre avec de l'alcool autant que l'on veut.

C'est, dit Berzélius, le vernis le plus incolore qu'on puisse préparer, car l'enduit résineux qui reste sur les objets recouverts de ce vernis ne les teinte point sensiblement.

Si, au lieu d'alcool chaud on ajoute à la teinture éthérée de l'alcool froid, ou en grande quantité à la fois, la masse se coagule et ne se dissout plus. (*Berzélius, traduction de M. Esslinger.* Firmin Didot frères, 1831, tome V, page 490.)

Vernis d'oxyde de copal, autrement dit copal soluble, par M. Cazanove (1). Mettez dans une bouteille de l'alcool à 36 ou 40°, remplissez-le à moitié, ajoutez-y de l'oxyde de copal que vous savez y être soluble, la valeur en poids du tiers de l'alcool ; bouchez la bouteille avec un liége, laissez digérer à l'ombre pendant cinq ou six jours, en ayant soin chaque jour de l'agiter deux ou trois fois ; vous obtiendrez ainsi un bon vernis chargé de résine relativement au degré de l'alcool employé, et que vous pouvez étendre d'alcool si sa consistance est trop épaisse.

Vernis de gomme laque pure. — Vernis incolore pour meubles en bois blancs ou peu colorés, dont on veut relever la teinte naturelle sans la changer.

Prenez : 1 kil. de laque blanchie et récemment préparée ;
10 litres d'alcool à 40° ;

fondez à feu nu votre laque dans 4 lit. d'alcool, arrosez avec 2 lit., passez votre vernis au tamis dans une tourie, où vous verserez en mélangeant les 4 lit. qui vous restent.

Vernis de gomme-laque pour acajou et autres bois qui ne redoutent pas d'être un peu teintés.

Prenez : 1 kil. de gomme-laque en feuilles, blonde ou brune ;
10 lit. d'alcool à 33 ou 40°,

que vous fondez à feu nu, comme nous venons de le dire pour le n° précédent.

Vernis de gomme-laque coloré en rouge pour acajou et autres bois.

Prenez : 5 kil. de gomme-laque brune ;
3 kil. de santal rouge effilé ou en poudre ;
50 lit. d'alcool à 36 ou 40°.

Il y a deux manières de faire ce vernis :

Première manière. Mettez la gomme et le santal en poudre dans un matras avec 20 lit. d'alcool, que vous porterez sur le feu ; vous arroserez avec 13 lit., puis, après la dissolution de la gomme, vous verserez le vernis sur un tamis serré qui retiendra le santal.

Mais ce moyen est embarrassant, surtout si l'on a employé le santal en poudre. Le vernis ne passe pas facilement à travers le tamis, qui doit être serré précisément pour ne pas livrer passage au bois, et pour en bien opérer la séparation d'avec le vernis auquel il se trouve mélangé.

Deuxième manière. Il est donc préférable de préparer à part et à l'avance une teinture de 3 kil. de santal dans 10 lit. d'alcool, de tirer cette teinture à clair, et de s'en servir pour colorer les vernis qu'on aura préparés avec 40 lit. seulement d'alcool.

Autre vernis de gomme-laque pour meubles. Dissolvez de la gomme-laque dans le double de son poids d'alcool.

Mêlez deux parties de ce vernis à une partie d'huile

(1) Nous n'avons pas expérimenté ce vernis. M. Guibourt révoque en doute que Berzélius l'ait jamais exécuté avec le copal dur.

(1) M. Casanove a pris pour ce vernis un brevet d'invention, à la date du 20 juin 1839 ; nous ignorons pendant combien de temps il l'a exploité. Nous revenons plus loin sur la solubilité du copal.

d'olives, étendez ce mélange sur le bois, et frottez dans le sens des fibres ; laissez sécher, puis recommencez jusqu'à trois et quatre fois, jusqu'au résultat désiré.

On lustre ce vernis avec du tripoli mélangé d'huile d'olives, et on achève avec un morceau de peau de daim.

Ce vernis brunit le bois, mais il ne se gerce jamais.

Remarques sur les vernis de gomme-laque pure. Ces vernis sont, sans contredit, les plus solides des vernis à l'alcool ; mais ils ne sont brillants qu'autant qu'ils sont polis. De plus, ils sont sujets à se gercer, surtout si on les fait trop corsés. Il est vrai qu'on peut obvier à cet inconvénient en ajoutant un peu d'huile (1) sur le tampon dont on se sert pour les appliquer ; mais l'huile brunit le bois. C'est pourquoi nous préférons les vernis moins riches en résine ; ils ne présentent pas les mêmes inconvénients. Il faut sans doute plus d'une couche pour obtenir le lustre qu'on exige sur les meubles vernis, mais cette multiplicité de couches fait justement que la gomme est mieux répartie et sans aucune épaisseur, ce qui assure la durée du vernissage et l'empêche de se gercer.

Vernis composés de gomme-laque et d'autres résines. Les vernis de cette division sont brillants par eux-mêmes, qualité que ne possèdent pas les vernis de gomme-laque pure de la première division, qui exigent le polissage pour faire l'office de glace sur les surfaces qui en sont recouvertes. Ils ne sont pas aussi solides que ceux de la division précédente, précisément encore par suite de l'adjonction des résines plus tendres que comporte leur composition ; mais comme sous le rapport de la solidité ils sont infiniment supérieurs à ceux que nous avons décrit jusqu'ici, nous estimons qu'ils doivent leur être préférés, toutes les fois surtout qu'il s'agira de meubles sujets à des frottements journaliers ou à recevoir fréquemment le choc de corps durs.

Vernis incolore de gomme-laque brillant, par Berzélius.

Prenez : 6 à 8 parties de laque blanchie nouvellement,
3 à 4 parties de sandaraque mondée et lavée,
1 p. de térébenthine de Venise,
4 p. de verre pilé,
60 p. d'alcool à 40°.

Ou bien : 8 p. de sandaraque mondée et lavée,
4 p. de mastic mondé et lavé,
80 p. d'alcool à 40°,

que vous traiterez au bain-marie.

Vernis presque incolore et à l'abri des gerçures.

Prenez :	Laque blanchie nouvellement.	10 parties.
	Sandaraque mondée et lavée.	4 —
	Élémi bien choisi. . . .	3 —
	Verre pilé.	10 —
	Alcool à 40°.	50 —

au bain-marie.

Vernis plus coloré que les précédents, par Watin, et réformé par Tingry.

Prenez :	Sandaraque.	3 parties.
	Laque plate.	1 —
	Colophane ou arcanson. . .	2 —
	Verre pilé.	2 —
	Alcool 36°.	16 —

au bain-marie.

Lorsque l'on veut vernir les meubles en rouge, dit Watin, on y met plus de gomme-laque et moins de sandaraque ; on y ajoute aussi du sang-dragon.

(1) Les ébénistes ont l'habitude de se servir d'huile de lin sur le tampon. Nous préférons l'huile d'œillette, qui jaunit moins ; l'huile d'olives vaudrait mieux encore.

Watin prescrit 3 parties de térébenthine, parce que, dit-il, il faut obtenir un vernis plus corsé, afin que deux couches tiennent lieu de 4 ou 5 d'un autre vernis.

Ce vernis est assez solide pour être employé sur des objets d'un usage journalier.

Vernis pour violons et autres instruments, par Watin.

Prenez :	Sandaraque.	4 parties.
	Laque en grains.	2 —
	Mastic en larmes.	2 —
	Elémi.	1 —
	Verre pilé.	4 —
	Térébenthine de Venise. . .	2 —
	Alcool.	32 —

que vous traiterez au bain-marie.

Tingry prescrit seulement 1 partie de mastic, et remplace l'élémi par le benjoin. Nous préférons la recette de Watin ; le vernis qui en résulte a plus de liant, et il est plus solide pour résister aux frottements auxquels sont exposés les instruments fréquemment maniés.

Si l'on voulait colorer ce vernis, on y arriverait avec un peu de sang-dragon, de safran, etc.

Vernis à l'or, ou vernis d'or des Anglais, publié par Molard aîné.

Prenez : 9 lit. d'alcool à 40 degrés,
680 grammes de gomme laque bouillie à l'eau et lavée, en poudre,
320 grammes de verre pilé.

Vous mettrez le tout dans une bouteille pleine aux trois quarts au plus, et bien bouchée, au soleil ou dans l'étuve, vous agiterez fréquemment jusqu'à l'entière dissolution de la gomme.

Colorez au degré convenable avec rocou ou gomme gutte.

On garde ce vernis dans des bouteilles de grès.

Pour appliquer ce vernis sur des pièces d'ornement en cuivre ou en laiton, on fait chauffer légèrement ces pièces, et on les trempe dans le vernis ; on en applique ainsi deux ou trois couches s'il le faut.

Ce vernis est très solide ; on le nettoie avec de l'eau et un linge sec.

Vernis à l'or, de Tingry, du même genre que le précédent, pour donner une teinte d'or aux ouvrages en laiton, et qui s'emploie absolument de la même manière.

Prenez :	Gomme laque en grains. . .	3 parties.
	Ambre jaune ou copal, porphyrisé.	1 —
	Sang dragon.	1/30 —
	Extrait de santal obtenu par l'eau.	1/40 —
	Safran oriental.	1/30 —
	Verre en poudre.	2 —
	Alcool à 40 degrés. . . .	20 —

Par simple digestion ou au bain-marie.

Vernis propre à changer la couleur des corps sur les quels on l'applique et qu'on emploie avec succès sur les instruments de physique, les garnitures estampées ou moulées dont on décore les meubles, etc., par Tingry.

Prenez :	Gomme-gutte.	2 parties.
	Sandaraque et élémi, de chaque.	6 —
	Sang-dragon.	3 —
	Gomme laque en grain. . .	0 —
	Terre mérite (*curcuma*). . .	2 —
	Safran oriental.	1/16 —
	Verre pilé.	0 —
	Alcool à 40 degrés.	60 —

On fait d'abord une teinture du safran et de la terre mérite en les exposant au soleil et à l'étuve pendant 24 heures. On passe la teinture dans un linge propre

qu'on exprime fortement, on verse cette teinture sur les autres résines pulvérisées et mélangées au verre en poudre, et l'on procède au bain-marie à leur solution.

Le sang-dragon de première qualité pourrait y apporter une couleur trop forte.

C'est avec un vernis de ce genre que quelques artistes procurent aux petits clous qui servent à garnir les faux étuis de montre une couleur d'or orangé; mais ils tiennent leur procédé secret.

Il est facile de procurer au laiton cette couleur au moyen d'une sauce dont la composition ne tient pas à celle du vernis, et qu'on peut imiter au moyen de l'orpiment (sulfure rouge d'arsenic) mélangé à certains sels. Lorsque les clous colorés avec cette sauce sont secs, on les fait chauffer et on les trempe dans le vernis ci-dessus.

Vernis pour carreaux d'appartement, connu sous divers noms, tels que siccatif brillant, chromo-durophane, etc.

Prenez et fondez à part :

Gomme laque.	160	parties.
Cire jaune.	1	—
Alcool à 36 degrés. . . .	640	—

dont vous aurez réservé 1/3 pour arroser.

D'autre part, vous aurez fait fondre dans un matras :

Galipot.	112	parties.
Arcanson.	112	—
Avec essence de térébenthine.	144	—

Réunissez dans ce dernier la solution alcoolique ci-dessus avec les précautions indiquées pour le vernis à bois. Le mélange bien opéré, passez le vernis au tamis et colorez-le :

En rouge avec le rouge de Prusse,
En jaune avec l'ocre de rhue,
En couleur de noyer avec la terre d'ombre,
en quantité suffisante.

Ces couleurs doivent être finement broyées, et surtout bien sèches d'eau, sans quoi le vernis serait décomposé.

III. VERNIS A L'ESSENCE.

Les vernis à l'essence comportent presque les mêmes résines et les mêmes matières colorantes que les vernis à l'alcool. Il est bon de remarquer, toutefois, que les vernis à l'essence, à égalité de composition, fourniront toujours une couche plus molle et moins siccative qu'elle ne le serait si l'alcool ou l'éther servaient d'excipient aux matières résineuses qu'elle contient, par la raison déjà donnée que l'alcool et l'éther, s'évaporant en entier, laissent les résines dans leur état naturel; tandis que l'essence non complétement vaporisable laisse la pellicule de vernis composée non seulement des matières résineuses employées, mais en outre d'une certaine quantité d'essence grasse, laquelle les modifie, les rend plus ou moins molles, les empêche de reprendre leur consistance naturelle pendant un espace de temps plus ou moins long. Ceci nous explique pourquoi les vernis à l'essence sont moins siccatifs, plus mous que ceux à l'alcool, et aussi pourquoi ils sont moins faciles à se gercer, plus faciles à polir, et plus durables que ces derniers.

Les tableaux demandent plus particulièrement le vernis à l'essence, précisément parce que la toile sur laquelle ils sont peints, en raison de son peu d'épaisseur, étant extrêmement sensible aux variations de la température, un vernis trop rigide s'y casserait, s'y gercerait, ou s'y fendillerait trop facilement, masquerait bientôt la peinture qu'il doit faire valoir, et la laisserait trop vite exposée sans défense aux atteintes des gaz ou autres corps en état de l'attaquer.

Vernis pour les tableaux de prix, par Tingry.

Prenez : Mastic mondé et lavé. . . .	24	parties.
Térébenthine de Venise pure.	3	—
Camphre pulvérisé.	1	partie.
Verre blanc pilé.	10	—
Essence de térébenth. distillée.	72	—

Mettez le mastic en poudre fine, mélangez cette poudre avec le camphre et le verre; jetez le tout dans un matras à col court et versez l'essence. Ayez un bâton de bois blanc bien sec proportionné à la hauteur du matras, afin que vous puissiez vous en servir pour agiter les matières. Exposez le matras dans une cuvette remplie d'eau tiède d'abord, qu'ensuite vous entretiendrez bouillante jusqu'à la complète dissolution des résines. Quand la solution des résines est achevée, on ajoute la térébenthine liquéfiée, on mélange, puis on laisse encore le matras dans l'eau bouillante pendant une demi-heure, on le retire, on continue d'agiter le vernis de temps en temps jusqu'à son entier refroidissement; le lendemain, on le soutire, on le filtre au coton, et on le renferme pour l'usage. C'est, on le voit, le même procédé que pour les préparations des vernis alcooliques au bain-marie.

Remarques. Si le vernis est destiné à des tableaux anciens ou qui ont déjà été vernis, et qu'il ne s'agit que de revernir, on peut supprimer la térébenthine, que nous ne recommandons ici que pour le cas de première application sur des tableaux qui n'ont pas encore atteint le degré de dessiccation convenable.

L'essence de térébenthine distillée prescrite pour ce vernis est celle qui a été distillée avec lenteur et sans intermède.

Autre vernis à tableaux moins coloré que le précédent, plus souple, et que nous lui croyons préférable. Prenez : dammar friable (copal tendre), le plus blanc, le plus diaphane, le mieux mondé et le mieux lavé possible, la quantité que vous voudrez, mais proportionnée à la capacité du vase où vous devez en opérer la dissolution, dans le double de son poids d'essence de térébenthine, pure, nouvellement distillée, sans aucune couleur, et bien limpide.

Si vous voulez obtenir un vernis très souple, vous ajouterez au mélange ci-dessus 30 à 40 grammes de camphre par kilogramme de résine employée.

Le voulez-vous plus simple encore? ajoutez 30 ou 40 grammes de camphre par kilogramme d'essence employée.

Le vernis peut se faire de deux manières : *à froid* ou *à chaud*.

A froid. Il suffit de mettre la résine, le camphre et l'essence dans une bouteille ou ballon, bien bouché au liége, mais qui ne soit plein qu'aux trois quarts, de l'agiter de temps en temps et de l'exposer à l'ombre, au soleil ou à l'étuve jusqu'à la complète disparition de la résine dans l'essence. Tirez à clair et filtrez le vernis au coton.

Ou bien. Mettez une certaine quantité de résine en poudre dans un mortier en verre, ajoutez-y peu à peu, en triturant, de l'essence, jusqu'à ce que la plus grande partie de la résine soit dissoute. Versez alors cette dose dans un matras de verre; faites-en une seconde, une troisième, jusqu'à ce que vous ayez employé toute votre résine et votre essence, ajoutez le camphre, bouchez le matras. Quelques jours de digestion, aidée d'une agitation deux ou trois fois répétée par vingt-quatre heures, vous fourniront un vernis parfait, absolument sans couleur, diaphane comme de l'eau alors qu'il sera bien reposé et clarifié, si vous avez employé une résine bien transparente et une essence parfaitement pure et exempte de toute coloration.

Si, cependant, le vernis ainsi obtenu était un peu louche, il suffirait d'exposer le matras débouché, qui le contient, pendant une heure dans un bain-marie d'eau bouillante; puis, de retirer le matras de l'eau et de le laisser débouché jusqu'à l'entier refroidissement du vernis, pour lui donner toute la limpidité désirable.

à *chaud* (au bain marie ou à feu nu, c'est la même manœuvre). On met la résine, le camphre et l'essence dans un matras de cuivre étamé sur un feu modéré. On ne cesse de remuer avec un bâton de bois blanc bien sec les matières solides, jusqu'à leur entière dissolution dans l'essence ; alors que la résine est tout à fait fondue, on laisse faire quelques bouillons, puis on verse le vernis à travers un tamis dans une tourie en grès, qu'on a grand soin de ne pas remplir tout à fait et de laisser débouchée jusqu'à ce que le vernis soit bien refroidi. Ainsi le vernis se clarifiera parfaitement, et il n'aura guère plus de couleur que s'il avait été fait à froid, pourvu que vous n'ayez pas laissé votre vernis trop longtemps sur le feu, car c'est là l'essentiel ; ni trop ni trop peu : trop longtemps sur le feu, le vernis se colore ; trop peu, il se clarifie difficilement. Il y a là un point qu'il faut savoir saisir.

Si l'on bouchait la tourie immédiatement après y avoir versé le vernis chaud, on n'obtiendrait qu'un vernis louche qui, refroidi et mis dans une fiole en verre blanc, y paraîtrait comme laiteux. Ce vernis louche, étendu et séché en couche mince sur un tableau, n'en serait pas moins tout à fait transparent ; mais bien des peintres refuseraient de s'en servir, et, au fond, ils n'auraient pas tort, car ce vernis doit cette loucheur à une petite quantité d'eau qui ne peut que nuire à la couche résineuse desséchée, en la rendant moins solidement et moins uniformément adhérente aux surfaces qu'elle recouvre.

Il nous reste une dernière remarque à faire sur les vernis à tableaux, laquelle s'applique d'ailleurs à tous les vernis d'essence ; c'est qu'ils ont l'avantage de s'améliorer avec le temps, tandis que les vernis alcooliques perdent toute leur qualité lorsqu'ils gagnent de l'âge. Le vernis à l'essence doit être tenu à la cave dans des touries ou bouteilles en grès bien bouchées. Les résines et l'essence contractent une union de jour en jour plus intime, et le vernis devient d'un emploi plus économique, et le résultat qu'on en obtient plus avantageux. Un vernis de six mois fournira une couche plus épaisse, plus luisante, plus garantissante pour la peinture, qu'un vernis récemment préparé, surtout si on l'applique sur une peinture neuve et qui n'a point encore été vernie, parce que dans un vernis récent l'essence abandonne la résine pour se combiner à la peinture ; cet effet n'a pas lieu dans un vernis ancien. C'est pourquoi ce dernier est plus solide, plus résistant ; car, ne l'oublions pas, la solidité, dans les vernis à l'essence, résulte uniquement de la plus ou moins grande quantité d'essence non vaporisée, d'essence grasse, comme on l'appelle vulgairement, qu'ils contiennent après leur complète dessiccation.

Vernis à tableaux du commerce. On trouve dans le commerce, sous le nom de vernis à tableaux, une simple dissolution à chaud de térébenthine dans l'essence ; on en fait trois numéros :

Le surfin se compose de :

Térébenthine de Venise.	3 kil.
qu'on fait fondre dans l'essence de térébenthine.	8 lit.

et qu'on tient sur le feu jusqu'à ce que le vernis refroidi y reste limpide.

On réussirait à faire un vernis beaucoup moins coloré si, aussitôt que la térébenthine est dissoute dans l'essence, on le versait bouillant dans une tourie bien emballée, et si on l'y laissait se refroidir sans la boucher, comme nous venons de le dire pour le vernis de copal tendre.

Le n° 1 se compose de :

Térébenthine de Venise. . .	3k,50
— de Suisse. . .	3k,50
Essence de térébenthine. .	20 lit.

Le n° 2 se compose de :

Térébenthine suisse. . . .	7k,50
Essence de térébenthine. . .	20 lit.

Il est inutile d'ajouter que l'essence de térébenthine doit être choisie bien limpide et sans couleur.

Vernis copal d'intérieur.

Mettez dans un matras étamé : résine, dammar friable telle qu'elle est, après en avoir ôté les plus beaux morceaux pour en composer le vernis au copal décrit plus haut.	6'
Essence de térébenthine récente blanche et limpide.	10

faites fondre à feu nu, et agissez absolument comme pour le premier, si vous voulez obtenir un vernis peu coloré, ou laissez la dissolution sur le feu jusqu'à ce qu'un échantillon, brusquement refroidi dans une fiole en verre blanc, conserve toute la limpidité dont il jouit dans le matras d'où vous l'avez extrait bouillant. Cette seconde méthode vous fournira un vernis bien plus foncé en couleur que par la première, mais dont on pourra néanmoins se servir sur les blancs purs et les blancs veinés, qu'il ne teintera pas du tout.

Ce vernis d'intérieur demande à être un peu plus coloré que le vernis à tableaux, c'est pourquoi on y fait entrer plus de résine et moins d'essence.

Si l'on destinait ce vernis pour des tapisseries en papier peint, nous conseillerions d'y faire entrer un peu de camphre ; le vernis sécherait un peu moins rapidement, mais y gagnerait une grande souplesse, et deviendrait ainsi moins sujet à se casser.

Vernis pour broyer les couleurs, par Tingry.

Prenez : Galipot choisi en larmes. . .	2 parties
Mastic en larmes.	1 —
Térébenthine de Venise. . .	3 —
Verre pilé.	2 —
Essence de térébenthine. . .	16 —

fondez à feu nu.

Lorsque le vernis est fait avec les précautions indiquées, ajoutez :

Huile de noix ou de lin préparée. . . 1 partie.

Ce vernis, dit Tingry, est à peu près semblable à celui de Hollande ; les couleurs broyées avec se sèchent moins vite ; on les détrempe ensuite avec le vernis suivant, si c'est pour une peinture ordinaire.

Autre vernis propre à détremper les couleurs connu dans le commerce sous le nom de vernis de Hollande.

Prenez : Galipot en larmes récent. .	1 kil.
Essence de térébenthine. .	1k,50 à 2k,25

Faites fondre le galipot seul dans une chaudière en cuivre ou en fer ; lorsqu'il sera bien fondu et bien transparent sur une vitre que vous y tremperez, ajoutez-y peu à peu et en mélangeant la qualité d'essence qu vous jugerez convenable (1k,50 à 2k,25). Assurez-vou alors si le vernis est bien limpide sur la vitre, alor passez-le au tamis, laissez le refroidir à l'air, puis ren fermez-le dans un vase que vous boucherez exacte ment.

Vernis au vert, dit aussi gros guillot. Fondez 2 kil d'arcanson purifié dans une chaudière. Lorsque la ré sine est fondue entièrement, on y ajoute peu à peu en mélangeant 2 à 3 kil. d'essence de térébenthine. O fait refroidir un peu de ce vernis sur une vitre pour voi s'il se maintient alors bien limpide ; puis on le passe au tamis dans un vase qu'on ne bouchera cependant qu'après que le vernis sera refroidi.

Quelques fabricants fondent ensemble 4 kil. d'arcanson, 2 kil. de galipot ; lorsque le tout est liquide, ils ajoutent 3 kil. d'essence.

Le vernis résultant est plus liant que celui fait à l'ar-

cannon pur ; mais il est trop corsé, c'est presque ce qui se vend sous le nom de térébenthine de Pise.

Vernis couleur d'or, par Tingry.

Prenez :	Résine-laque en grains. . .	64 gram.
	Sandaraque.	64 —
	Sang-dragon.	8 —
	Terre-mérite.	1 —
	Gomme-gutte.	1 —
	Verre pilé.	96 —
	Térébenthine claire. . . .	32 —
	Essence de térébenthine. . .	512 —

On tire par infusion la teinture des matières colorantes ; on filtre, on ajoute ensuite les résines qu'on fait fondre, enfin la térébenthine. On passe au tamis et on renferme pour l'usage.

Ce vernis, dit Tingry, communique aux métaux, aux boiseries ou aux meubles, un vif éclat. Il est moins siccatif sans doute qu'à l'alcool, mais il est plus souple, il convient mieux pour les paillons ou clinquants avec lesquels on prépare les aventurines ; de plus, il convient aux cuirs dorés, aux cartons en papier mâché, etc.

La meilleure manière d'en varier la teinte, c'est de faire infuser à part chacune des substances colorantes ; 1 partie, par exemple, dans 8 parties d'essence ; après quinze jours d'exposition au soleil ou à l'étuve, de les tirer à clair et de les mélanger ensuite jusqu'à ce qu'on ait obtenu le ton désiré ; et, dans ce mélange, de faire fondre les résines, puis la térébenthine selon que l'art le prescrit.

Vernis désigné sous le nom de mordant, par Tingry.

Prenez :	Mastic.	4 gram.
	Sandaraque.	4 —
	Gomme-gutte.	2 —
	Térébenthine.	1 —
	Essence de térébenthine. .	24 —

Quelques artistes remplacent la térébenthine par l'essence de lavande (4 grammes), qui rend encore la composition moins siccative.

Ce mordant s'emploie pour appliquer l'or, et en même temps pour faire ressortir le dessin sous la feuille métallique. Il convient qu'il ne sèche pas avant que l'artiste n'ait achevé de jeter son dessin.

Vernis de copal pur à l'essence, dit vernis à retoucher.

Prenez : 4 kil. 1/2 de copal dur ou d'Afrique ;
7 à 10 kil. d'essence de térébenthine ;

faites fondre à feu vif et à nu la résine dans un matras de cuivre. Lorsqu'elle est bien fondue et bien filante, en mousse, au bout de la spatule qui vous a servi pour agiter votre résine et l'empêcher de s'attacher au fond du matras pendant sa fusion, versez-y peu à peu, en mélangeant, 2 kil. d'essence froide, ou chaude, ce qui vaudrait encore mieux. Lorsque la résine fondue et l'essence sont bien incorporées, et que le mélange est bien limpide sur la vitre, ajoutez-y encore, toujours peu à peu et en mélangeant, 2 autres kil. d'essence ; et si votre mélange continue d'être limpide sur le verre, ajoutez-y encore, toujours peu à peu et en agitant, 2 autres kil. d'essence, et continuez jusqu'à ce que vous ayez incorporé toute votre essence, à moins que vous ne vous aperceviez qu'il serait trop peu corsé en la versant tout entière dans le vernis ; retirez alors le matras du feu et passez la dose au tamis dans un refroidissoir.

Vernis de copal par intermède d'huile de lavande, par Tingry.

Prenez :	Copal en poudre.	0k,100
	Huile de lavande.	0k,200
	Huile de térébenthine. . . .	0k,600

Chauffez l'huile de lavande sur un bain de sable, ajoutez en plusieurs fois, la poudre de copal dans l'huile très chaude, et n'en ajoutez que lorsque la portion, mise précédemment, aura entièrement disparu dans le liquide que vous aurez soin de maintenir dans un état continuel de rotation ; alors que tout le copal y sera fondu, versez-y, en trois reprises, l'essence de térébenthine presque bouillante en ayant la précaution de bien mélanger, et vous obtiendrez un vernis couleur d'or très solide, mais ne séchant pas très vite.

L'huile de lavande qui rend le copal soluble dans l'essence, le rend également soluble dans l'alcool. Il suffit, pour s'en convaincre, dit Tingry, de faire chauffer fortement de l'huile de lavande dans une cuillère à soupe ; lorsqu'elle est presque bouillante, d'y ajouter du copal en poudre, de faciliter le mélange avec une paille, d'ajouter encore du copal lorsque le premier a disparu, et de continuer ainsi les additions successives jusqu'à ce que l'huile refuse de s'en charger ; de jeter alors la solution dans une fiole qui contient de l'alcool bouillant, d'agiter le mélange en le tenant toujours au même degré de température, l'alcool ne tarde pas à s'emparer des deux substances, mais il faut un alcool pur.

Vernis de copal par intermède d'huile de lavande et de camphre, par Tingry.

Prenez :	Copal en poudre.	30 gram.
	Essence de lavande. . . .	180 —
	Camphre.	4 —
	Essence de térébenthine, quantité suffisante pour mettre le vernis à bonne consistance.	

Projetez le copal par petites portions dans l'huile de lavande et le camphre bouillants ; renouvelez vos projections au fur et à mesure que la précédente a disparu. On favorise cette solution au moyen d'un bâton qui sert à agiter. Lorsque tout le copal est incorporé, on ajoute l'essence bouillante en prenant soin de n'en mettre que très peu à la fois, surtout en commençant.

Ce vernis est peu coloré et le repos lui donne une transparence qui coïncide parfaitement avec la solidité qu'on reconnaît à tous les vernis de copal.

Ce vernis est destiné aux objets qui exigent la solidité, la souplesse et la transparence, telles que les toiles métalliques qu'on substitue aux vitres dans les vaisseaux.

Vernis de goudron donné comme vernis chinois, par X..., (Extrait du *Journal des Connaissances usuelles*, tome Ier, page 106). Prenez du goudron pur, faites-le cuire pendant deux ou trois jours dans un pot étroit par le haut, jusqu'à ce qu'il se convertisse en une masse noire qui ne s'attache plus aux mains.

Mettez alors cette masse dans un matras, sur un feu assez fort, en y versant peu à peu de l'essence de térébenthine ; s'il prend feu, on l'éteint avec un feutre. Continuez vos additions d'essence jusqu'à ce que cette composition prenne une consistance fluide et bien homogène.

Les objets à vernir doivent être faits en bois sec et séchés encore après le plus possible.

IV. VERNIS GRAS.

Observations générales. Si l'on venait à reconnaître, ce qui est peu probable, et ce qui n'est pas encore démontré, que l'oxyde de copal soluble dans l'alcool l'est également dans l'essence et les huiles fixes ; qu'il peut fournir avec ces véhicules des vernis d'une conservation aussi facile en nature, aussi éclatants, aussi durables, mais plus beaux et moins colorés que ceux que nous savons préparer maintenant avec cette résine, au moyen d'un procédé aussi ancien que l'art de faire les vernis, car il remonte au-delà du douzième siècle ; nous prévoyons que de grands changements auraient lieu dans la fabrication en général, surtout à l'endroit du vernis

gras qu'on pourrait alors faire, comme les vernis à l'alcool ou à l'essence, au moyen de simples digestions, soit à froid, soit à chaud, de l'oxyde de copal dans un mélange convenable d'huile siccative et d'essence de térébenthine. Le vernis résultant aurait, sans aucun doute, des qualités toutes différentes de celles que possède le vernis tel qu'il se fait maintenant, où la résine, en raison du feu violent auquel elle est soumise, se trouve toujours plus ou moins altérée, et, dans tous les cas, autrement altérée qu'elle ne le serait par l'exposition à l'air libre, à laquelle on la soumettrait pour l'oxyder.

Les vernis gras tels que nous savons les préparer, en raison même de la nature peu vaporisable du véhicule huileux qui sert à leur confection, et qui entre pour une quantité fort appréciable dans la pellicule desséchée qu'ils fournissent, sont de tous les vernis les moins siccatifs, mais les plus solides; aussi les destine-t-on à tous les usages auxquels les vernis à l'alcool et à l'essence ne pourraient être employés à cause de la trop faible résistance qu'ils opposent à l'action de la lumière et de la chaleur solaires, et des intempéries de l'air extérieur. Les devantures de magasin, les portes, les fenêtres de nos habitations, les équipages de luxe, les voitures de fatigue réclament spécialement ce genre de vernis. Ce n'est pas cependant qu'on ne puisse les employer avec avantage dans les intérieurs, il s'en faut bien; ceux qui veulent faire des peintures solides, faciles à laver, peuvent s'en servir avec confiance sur tous les fonds autres que les blancs purs ou les blancs veinés, pour lesquels il faut nécessairement des vernis à l'alcool ou à l'essence, mais sur tous les fonds colorés et qui n'ont rien à craindre d'une teinte un peu plus foncée; nous le répétons, les vernis gras doivent être préférés parce qu'ils sont plus solides, et qu'après tout on peut les faire tout aussi siccatifs que ceux des deuxième et troisième genres.

Le vernis gras est encore exclusivement réservé pour les objets en tôle, en fer-blanc, en cuivre ou en laiton, tels que les soucoupes, les plateaux de cabaret, les lampes; enfin tous les ustensiles destinés à des usages habituels, à des frottements souvent répétés.

Substances qui entrent dans la composition des vernis gras. Le succin ou karabé, et les différentes espèces de copal dur, demi-dur et tendre, telles sont les seules substances résineuses, solides, qui, avec l'huile de lin et l'essence de térébenthine, entrent dans la composition des vernis gras.

La grande résistance que le copal dur et le copal demi-dur opposent au feu, pour entrer en fusion et devenir en cet état miscibles à l'huile et à l'essence, a dû faire recourir, pour les transformer en vernis, à un procédé bien différent de celui qu'on emploie pour préparer les vernis des deuxième et troisième genres, où les résines, plus tendres, sont solubles dans les véhicules, à une basse température; une simple digestion suffirait même pour en opérer la dissolution, comme nous l'avons indiqué précédemment. Ici, au contraire, on commence par fondre les résines à feu nu, et alors seulement qu'elles sont arrivées à leur point de fusion et de chaleur nécessaires, on y incorpore l'huile chauffée de 150 à 200 degrés, puis enfin l'essence; le tout avec les précautions que nous indiquerons par la suite.

Ce n'est pas cependant qu'on ne puisse fondre le copal dans l'huile bouillante, car il entre en fusion à la température de 316° centigrades. Pour achever le vernis et le mettre à bonne consistance, il ne s'agit plus que d'y ajouter une certaine quantité d'essence suffisante. Mais le vernis résultant de cette méthode, où l'huile est toujours plus ou moins brûlée, étant plus coloré et surtout moins siccatif que par la première méthode, elle est généralement abandonnée.

L'art du vernisseur ne consiste donc pas seulement à mélanger intimement des molécules résineuses quelconques dans un liquide approprié, et à obtenir ainsi un mélange permanent; il consiste, en outre, à obtenir le mélange le moins coloré et le plus siccatif, en conservant aux matières composantes leurs propriétés naturelles, ou du moins en leur faisant subir le moins d'altération qu'on le peut. Or, comme le feu, si léger qu'il soit, dénature toujours les résines (ce qui explique pourquoi les vernis faits par simple digestion sont toujours moins colorés, toutes choses égales d'ailleurs, que ceux qui ont passé sur le feu), et qu'il peut les dénaturer, si l'on n'y prend garde, jusqu'au point de les transformer en une espèce de matière goudronneuse, qui ne reprendrait plus sa solidité si on les y laissait trop longtemps exposées, surtout au feu violent qui convient aux résines dures, il importe de ne jamais perdre de vue les prescriptions suivantes, *si, avec une résine donnée, on veut obtenir le vernis le plus siccatif et le moins coloré possible*.

Il ne faut jamais présenter ensemble à la fusion un mélange de résines inégalement fusibles. Ainsi le succin étant plus résistant au feu que le copal dur, celui-ci étant plus rebelle au feu que le copal demi-dur, et le copal demi-dur plus difficile à entrer en fusion que la résine de dammar friable (copal tendre), chacune de ces résines doit être traitée à part (1).

Il faut bien choisir ses résines pour que chaque dose soit composée de morceaux tous également fusibles, sans quoi il arriverait que les morceaux les plus fusibles seraient brûlés, décomposés plus ou moins, avant que les autres ne fussent entrés en fusion, et le vernis résultant d'un pareil mélange serait beaucoup plus coloré et moins siccatif que si l'on avait eu la précaution de bien assortir les morceaux sous le rapport de la fusibilité.

Malgré toutes les précautions qu'on aurait prises lors de la séparation du copal fusible de celui qui l'est moins, il peut se faire pourtant que les deux espèces se trouvent encore mélangées dans une certaine proportion, et que, par suite, on rencontre des doses où la plus grande partie de la résine sera fondue et bien coulante au bout de la spatule, tandis que cette même spatule dénotera qu'une quantité plus ou moins considérable de résine existe encore solide au fond du matras où se fait l'opération; or, comme entre deux maux il faut choisir le moindre, au lieu de brûler la plus grande partie de votre résine pour laisser à la plus petite le temps de fondre; au lieu d'attendre que le tout soit fondu et liquéfié, incorporez votre huile avec la partie fondue aussitôt qu'elle vous aura paru en état de s'y mélanger; puis, ajoutez votre essence, agissez enfin comme si toute la dose de résine avait été bien fondue, passez au tamis, et tous les morceaux de copal non fondus que vous y trouverez, mettez-les à part, pour, à la fin de la journée, les refondre tous ensemble, et en faire un vernis plus coloré, sans doute, mais d'aussi bonne qualité que l'autre (2).

Lorsque le copal fondu est bien coulant, en mousse, au bout de la spatule, on y verse l'huile chaude, mais non bouillante, on mêle fortement pour bien incorporer l'huile à la résine, et avec la spatule, qu'on en retire vivement, on en porte un échantillon sur une vitre qu'on tient à la main; si le mélange d'huile et de ré-

(1) Mais rien n'empêche de mélanger, alors qu'ils sont faits, les vernis qui résultent de chacune d'elles, en telles proportions qu'on le juge convenable, soit pour améliorer la qualité des uns ou abaisser le prix des autres.

(2) L'huile et l'essence que retiennent ces morceaux, après leur séparation du vernis par le moyen du tamis, brûleront alors qu'on fondra ces morceaux, et seront charbonnées longtemps avant que la résine soit assez fluide pour pouvoir se mêler à l'huile; de là résultera un vernis plus coloré, mais aussi bon que l'autre, car ici ce n'est pas la résine qui est brûlée

sine est bien opéré, s'il est complet, l'échantillon, par le refroidissement, se figera en goutte bien limpide. Si, en cet état, elle devient dure et cassante sous l'ongle, c'est une preuve qu'on n'a pas mis plus d'huile que la résine n'en peut supporter, car il s'en faut bien que toutes les résines supportent la même quantité d'huile. Mais si l'échantillon, immédiatement après qu'il a été mis sur le verre, et auparavant qu'il se soit figé, s'attache au doigt qu'on y applique et se tire en fils allongés, qui ne cassent pas facilement; si, après cet essai, le restant de cet échantillon se fige, ne conserve aucune adhérence au doigt, et a repris une consistance telle que l'ongle y pénètre facilement, comme dans la cire, sans le casser, c'est une preuve que vous y avez mis la quantité d'huile justement convenable.

La quantité d'huile et d'essence exactement nécessaire pour une dose de 3 kil. de copal, par exemple, ne peut donc pas être assignée d'une manière précise, vu qu'elle dépend d'une foule de circonstances qu'on ne saurait prévoir, mais que l'expérience cependant peut diriger jusqu'à un certain point. D'une manière générale, on peut dire néanmoins que le copal dur et le copal demi-dur exigent ordinairement moitié de leur poids d'huile et un peu plus que leur poids d'essence pour former un bon vernis qui séchera en 24 heures. Mais, nous le répétons, ces données ne sont qu'approximatives, car on rencontre des résines qui en demandent plus, et d'autres moins. Chaque fois donc qu'on travaille une résine nouvelle, et qu'on a assez d'habitude de la pratique pour être certain de toujours conduire son travail à peu près de la même manière, on doit, aux premières opérations, essayer quelle est la proportion d'huile et d'essence qu'un poids donné de cette résine peut supporter, afin de la continuer (cette proportion), jusqu'à la fin de la résine, sans être obligé de tâtonner à chaque dose nouvelle.

Tous les fabricants de vernis savent bien que par un temps de brouillards épais, comme on en voit souvent aux environs de Paris, les vernis sont toujours moins limpides (moins *nifs* en termes d'atelier), que par un temps clair et sec. L'état hygrométrique de l'air peut donc influer sur le vernis. Le vernis, pendant sa confection, est donc susceptible d'absorber une certaine quantité d'eau, laquelle, extrêmement divisée dans le liquide, suffit pour lui donner un coup d'œil louche qui le rend moins propre à la vente, où l'on recherche les vernis bien transparents.

Le haut degré (316°) de chaleur auquel il faut soumettre le copal pour le rendre miscible avec l'huile, décompose cette résine en deux parties, l'une fixe, l'autre volatile, et en même temps met à nu une certaine quantité d'eau, lesquelles parties volatiles et aqueuses, mélangées avec la résine fondue, donnent à celle-ci ce caractère d'opacité et de viscosité qu'on y remarque toujours au commencement de chaque opération, et qui l'empêche de couler facilement au bout de la spatule comme elle le fait, alors que par l'effet de la température vive et sans cesse croissante qu'on lui applique, elle est devenue assez fluide pour permettre aux parties volatiles et aqueuses de se dégager sous forme de vapeurs âcres et piquantes. La partie fixe (le copal fondu) est alors suffisamment fluide et chaud pour se mêler à l'huile qu'on y verse chaude elle-même (la gomme est bien cuite, comme on le dit en terme de fabrique), et le vernis résultant sera de bonne qualité lorsque vous l'aurez mis à consistance au moyen de l'essence de térébenthine.

Mais si vous n'avez pas attendu que les parties volatiles et aqueuses soient évaporées pour y verser votre huile, qui elle-même contient aussi une certaine quantité d'eau ; si en outre votre huile n'était pas suffisamment chaude au moment de son arrivée dans la résine trop froide elle aussi, il se produira dans la masse un mouvement de contraction plus ou moins rapide et complet, selon que l'huile ajoutée était plus froide et en plus grande abondance à la fois, et la résine plus ou moins coagulée, en raison du refroidissement brusque qu'elle a éprouvé, plus ou moins visqueuse en raison de la quantité d'huile avec laquelle elle s'est imparfaitement mélangée, plus ou moins opaque en raison de l'eau et des substances volatiles non vaporisées qu'elle renferme, formera sur la vitre, où vous en ferez tomber une goutte, un globule opaque, non lié, qui se figera comme le ferait un mélange d'huile et de cire. Vous avez fait *louche* en terme de fabrique.

Si vous vous apercevez à temps de l'accident, et vous comprendrez qu'*il est nécessaire de toujours vérifier si le mélange d'huile et de résine est bien ou mal opéré*, il est facile d'y porter remède, puisqu'il ne s'agit que de laisser votre matras sur le feu et de l'y maintenir jusqu'à ce que l'huile, venant à bouillir, permette aux parties aqueuses et autres de s'évaporer, et à la résine de se fondre et de se mélanger avec elle assez intimement pour que la goutte d'essai que vous mettrez sur le verre vous apparaisse parfaitement limpide et transparente; vous pouvez alors enlever le matras du feu et y ajouter la quantité d'essence suffisante pour mettre le vernis à bonne consistance ; passez-le ensuite au tamis, le vernis refroidi ne sera plus louche, cependant il ne sera ni aussi blanc, ni aussi siccatif, et de plus vous n'aurez pas pu y mettre autant d'essence (ce qui vous prouvera clairement que la résine, ayant été plus longtemps sur le feu, y a éprouvé une altération plus profonde) que si cet accident n'eût pas eu lieu.

Si au contraire vous ne vous êtes pas aperçu de l'accident ; au lieu de laisser votre matras sur le feu jusqu'à ce que la résine liquéfiée de nouveau ait pu se mélanger intimement à l'huile bouillante ; si vous avez enlevé le matras du fourneau immédiatement après y avoir versé l'huile ; et si de suite aussi vous y avez ajouté votre essence, vous avez alors un vernis louche, dont une goutte sur la vitre deviendra opaque en refroidissant, grasse, onctueuse, toute grumeleuse, et dont l'huile et l'essence ne tarderont pas à se séparer, car elles n'ont contracté aucune union avec la résine.

Le vernis chaud sera troublé et comme nuageux si l'accident est au maximum de gravité (si au contraire il a peu de gravité il ne paraîtra louche qu'après son refroidissement), et le lendemain, c'est-à-dire alors qu'il sera refroidi entièrement, vous trouverez au fond de votre refroidissoir votre résine précipitée sous forme d'une masse jaune, sale, agglomérée, opaque et peu gluante, mais quelquefois l'étant un peu plus en raison de la quantité d'huile, plus ou moins mal combinée, avec laquelle elle se trouve mélangée ; et le liquide surnageant, composé du restant de l'huile et de l'essence et d'une certaine quantité de copal altéré, sera rougeâtre, mais ne formera plus un vernis, c'est-à-dire une substance qui, étendue et desséchée à la surface des corps, puisse leur procurer un éclat permanent.

Mais comme pendant la coulée de l'essence il faut agiter souvent le vernis pour aider sa dilution dans cette essence, et que d'ailleurs on a toujours le soin de vérifier sur une vitre si le vernis se maintient limpide et transparent, l'on s'aperçoit bien vite que l'on a fait louche, et au lieu de continuer son addition d'essence, on ferme le robinet, on reporte le matras sur le feu et on l'y tient jusqu'à ce que toute l'essence qu'on y a ajoutée, venant à s'évaporer (elle bout à 155 degrés), permette enfin à l'huile de bouillir à son tour, c'est-à-dire d'atteindre 316 degrés, de fondre alors le copal et de se mélanger avec lui, et de former sur la vitre une goutte bien transparente et limpide. Retirez maintenant le matras du feu, ajoutez-y l'essence nécessaire pour mettre le vernis à bonne consistance (et vous n'en

devrez pas mettre beaucoup pour atteindre ce but), vous obtiendrez un vernis d'autant moins corsé et moins siccatif, et d'autant plus coloré qu'il vous aura fallu le maintenir plus longtemps au feu, d'abord pour évaporer l'essence imprudemment ajoutée, et ensuite pour porter l'huile au degré de chaleur propre à fondre la résine et se mêler avec elle, et permettre enfin à l'essence de dissoudre ce mélange.

Car, et qu'on nous permette d'insister sur ce point capital et non encore suffisamment expliqué, l'on fait des *vernis louches ou ternes :* 1° ou parce qu'on n'a pas porté la résine fondue au degré convenable de chaleur pour qu'elle puisse se mélanger intimement avec l'huile ; 2° ou parce que l'on a ajouté dans la résine fondue et chaude à point une huile trop froide et trop abondamment à la fois : laquelle huile, en abaissant trop brusquement la température de la résine fondue, l'a, par cela seul, rendue immiscible avec elle ; 3° ou parce que le mélange de la résine et de l'huile étant parfaitement accompli, on a, pour mettre le vernis à consistance, ajouté trop abondamment à la fois l'essence froide ; 4° enfin, ou parce qu'on a laissé trop refroidir le mélange de résine et d'huile avant d'y verser l'essence nécessaire pour le mettre à consistance de bon vernis. Tous ces accidents ne sont donc que des résultats d'une température trop faible dans le premier et quatrième cas, ou trop abaissée dans les deux autres.

L'huile ne se combine pas avec le copal fondu, elle s'y mélange seulement ; elle s'interpose entre ses molécules, rend ainsi leur solidification, c'est-à-dire leur rapprochement impossible ; ne sert, en un mot, qu'à les diviser et, en cet état, les rendre miscibles dans une certaine proportion d'essence de térébenthine, au moyen de certaines précautions qui sont de ne verser l'essence que peu à peu, et par filet d'abord qu'on augmente ensuite, et de toujours agiter, pendant la coulée de l'essence, dans le but de ne pas abaisser trop brusquement la température du mélange liquide d'huile et de copal, et de faciliter ainsi sa dissolution et sa bonne répartition dans l'essence.

Il est évident qu'on arriverait plus facilement à ce résultat, si, au lieu de se servir d'essence froide, comme cela se pratique généralement en fabrique, on éteignait avec de l'essence bouillante qui se trouverait ainsi débarrassée par avance d'une bonne partie de l'eau qu'elle contenait ; mais nous devons ajouter qu'on s'exposerait souvent à un danger véritable d'incendier la fabrique, car rien n'est dangereux comme de faire bouillir de l'essence, surtout si le vase où on la chauffe ne conserve pas toujours le même niveau, ce qui devient difficile sinon impossible dans une chaudière où l'on va puiser sans cesse. C'est sans doute pour cela qu'on a délaissé la méthode d'éteindre avec de l'essence bouillante, pour n'employer que de l'essence froide. Ajoutons cependant qu'au moyen des précautions indiquées ci-dessus, de ne verser que peu à peu cette essence, de bien mélanger le vernis, et surtout l'attention scrupuleuse de n'éteindre le mélange d'huile et de résine qu'autant qu'il soit parfait, c'est-à-dire limpide et transparent sur la vitre, on réussira pourtant à faire de bons et excellents vernis.

Si l'on fait un vernis louche, alors qu'on verse de l'huile trop froide dans la résine fondue, ou si l'on n'obtient qu'un vernis terne alors que dans un mélange, même bien fait, d'huile et de résine, on ajoute trop d'essence froide à la fois, on est également exposé à ne produire qu'un vernis terne, lorsqu'à la résine cuite à point, on incorpore son huile bouillante ou trop chaude ; mais l'accident est plus certain lorsqu'on n'a pas bien laissé cuire sa résine, en d'autres termes, lorsque l'on n'a pas laissé aux substances volatiles ou aqueuses qui se sont produites dans son sein, le temps de s'évaporer entièrement. En voici la raison : à peine l'huile bouillante est-elle arrivée dans la résine bouillante elle-même, à peine avez-vous eu le temps d'agiter, pour les mélanger l'une avec l'autre, qu'il se déclare de suite une forte effervescence qui menace de faire répandre en mousse toute la matière en expérience, si bien qu'il ne vous reste que le temps d'enlever le matras du feu, et, pour calmer cette ébullition si violente quelquefois que le vernis en sort avec une abondance extrême, vous n'avez d'autre parti à prendre que d'y ajouter de l'essence ; cette grande ardeur se calme bientôt, mais le vernis résultant ne sera jamais aussi brillant, sera toujours plus *terne* que si le mélange d'huile avait eu le temps de se faire comme il faut. Les molécules résineuses, mal divisées par l'huile, ne se répartiront pas également dans l'essence, et le vernis résultant ne formera, après sa dessiccation, qu'un assemblage informe de parties plus luisantes et d'autres moins luisantes, et les surfaces recouvertes, au lieu d'être brillantes, paraîtront *ternes*.

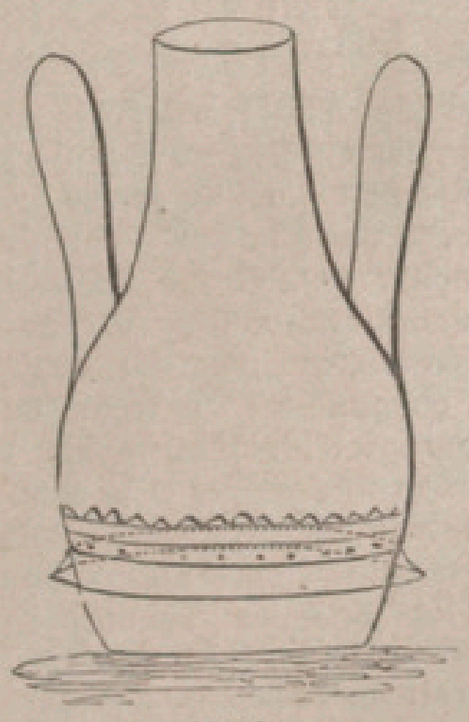
Avec une huile chauffée seulement à 120 ou 150 degrés, on n'a rien à craindre de pareil ; elle se mélange très bien avec la résine fondue ; l'on a le temps de bien agiter le mélange avec la spatule, de le laisser un moment sur le feu bouillir doucement ; le mélange se perfectionne d'autant, et lorsqu'on retire le matras du feu pour mettre le vernis à consistance, le mélange homogène d'huile et de résine se répartissant également et facilement dans l'essence, le vernis résultant sera parfaitement homogène, partout également riche en résine, et formera sur les corps une glace unie et partout également brillante, par la raison toute simple, que nous ne saurions trop répéter, *qu'un vernis n'est que de la résine rendue liquide et extensible à la surface des corps au moyen d'un véhicule approprié.*

Le copal dur, de Calcutta et de Bombay, le copal demi-dur (résine de courbaril ou de damnara aromatique), le copal tendre (résine de damnara friable) ne se travaillent pas tout à fait de la même manière : chacune de ces espèces demande quelques modifications dans les procédés qu'on leur applique pour les transformer en vernis ; nous les décrirons en temps et lieu.

Avant de donner les diverses formules des vernis gras, disons quelques mots des ustensiles employés pour leur fabrication.

Instruments et ustensiles d'une fabrique de vernis.

Matras. Les matras doivent être en cuivre rouge non étamé ; le cul doit être d'une seule pièce, et la soudure qui le réunit à la partie supérieure doit être posée à 4 centimètres au-dessus du panache (voyez figure 2529) ou des crochets, qui empêchent le matras (fig. 2531) d'entrer trop avant dans le fourneau. Cette simple disposition assure à la soudure une durée beaucoup plus longue, et à l'artiste la certitude que le matras ne fuira pas sans qu'il s'en aperçoive de suite ; il évitera ainsi bien des chances de feu et de pertes considérables. Les matras ne doivent pas être trop profonds, pour que le bras puisse facilement atteindre le fond lorsqu'il les faudra nettoyer. Si ce n'est le cul, c'est-à-dire la seule partie du matras qui souffrira de l'action du feu, la partie supérieure à la soudure peut être en cuivre de plus mince épaisseur, mais le cul doit être plus



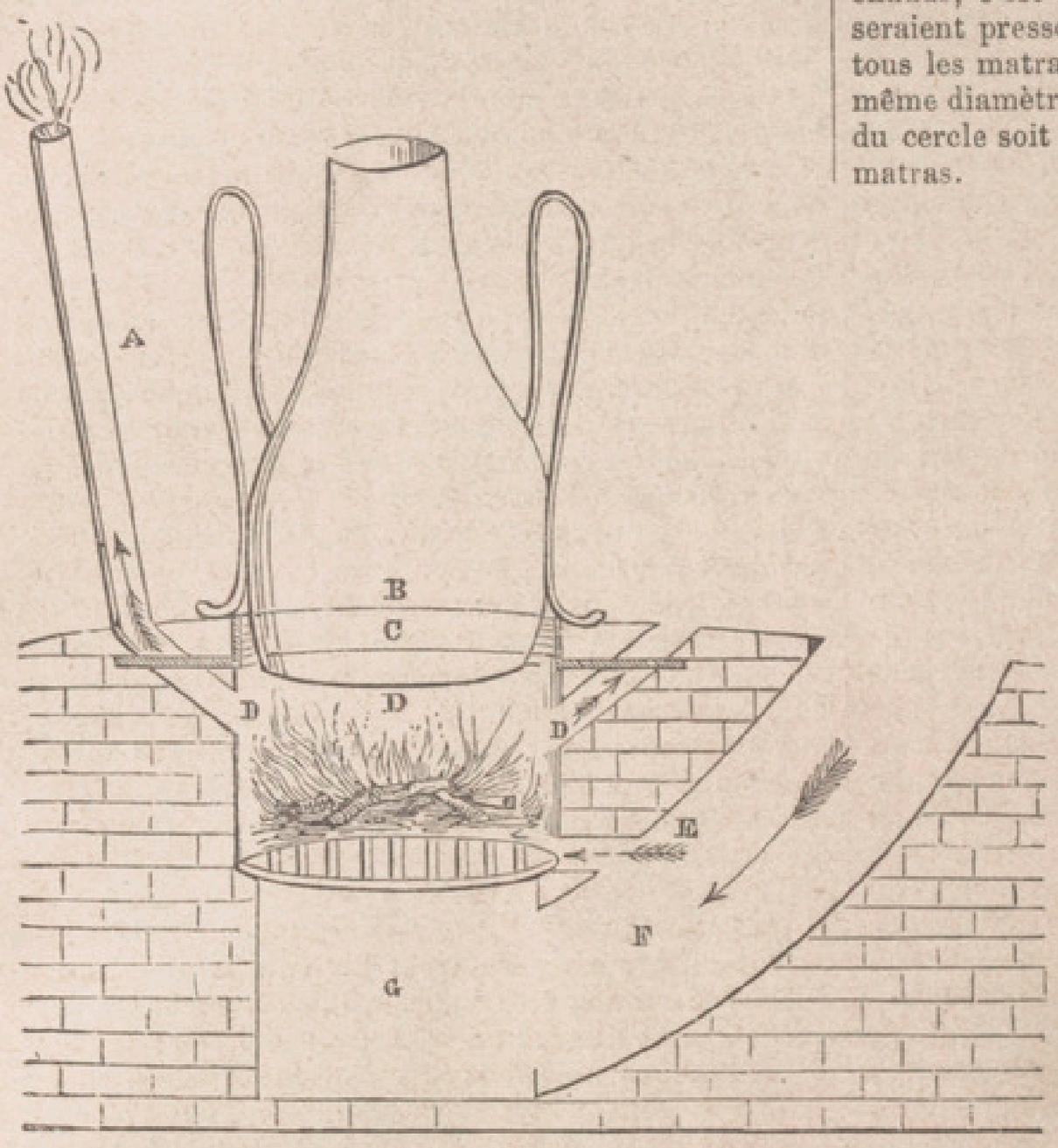
2529.

étoffé, sans quoi il ne durerait guère. Un bon matras, de la hauteur de 66 à 75 centimètres, et de la contenance de 25 à 30 litres, doit peser 10 à 12 kilos.

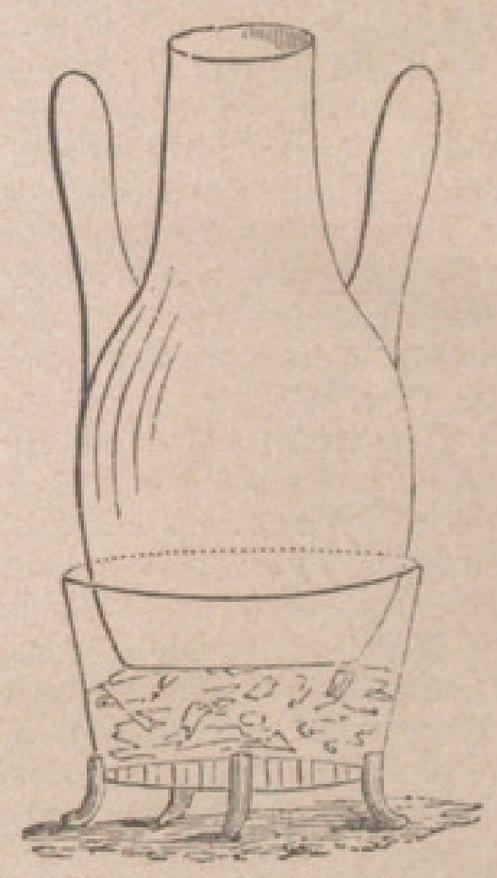
Il faut au moins deux matras par fourneau pour un travail régulier : un sur le feu, l'autre à éteindre ou à égoutter; de telle manière que le feu ne brûle jamais à bien, et qu'aussitôt qu'une dose est achevée, on puisse en remettre une autre à fondre.

Fourneaux. Les plus fortes fabriques de vernis n'ont que trois fourneaux de fusion; dans les unes, les fourneaux sont portatifs, c'est un simple cercle en fer battu monté sur quatre pieds et armé d'une grille; le matras repose sur les charbons enflammés (fig. 2530). Ici les matras n'ont ni panache ni oreilles à crochets, et le diamètre du fourneau a 6 centimètres de plus que celui des matras, afin que le charbon ne manque jamais d'air et qu'il puisse toujours produire un feu vif et ardent, condition de rigueur pour les vernis de copal.

D'autres fabricants se servent de fourneaux en ma-



2531.



2530.

çonnerie enterrés dans le sol (fig. 2531), composés de briques ordinaires et d'argile (terre à four ou à potier) pour ciment, et disposées tellement que l'air arrive facilement au cendrier, toujours dans le but d'obtenir une combustion vive et ardente du charbon de bois qu'on y emploie; aussi, ménage-t-on autour du bord supérieur du fourneau trois ou quatre cheminées, quelques-uns même arment ces cheminées d'un tuyau en tôle pour déterminer un courant d'air plus rapide à travers le charbon; ce tuyau en tôle est ôté si la combustion est trop violente; on bouche même quelquefois toutes les cheminées, toujours pour ralentir un feu trop ardent, ce qui arrive parfois lorsque le vent souffle dans la direction du soupirail qui porte l'air au cendrier. Comme il est préférable d'avoir un fourneau à calmer que d'en avoir un trop paresseux, nous allons décrire celui dont nous nous servons, et qui ne nous a jamais laissé dans l'embarras. Ce fourneau est d'ailleurs celui que l'on employait avant nous, nous n'avons fait qu'établir une communication entre le foyer et le soupirail qui porte l'air au cendrier; et, au moyen de cette communication, nous expulsons à volonté l'acide carbonique qui se forme toujours pendant la combustion du charbon de bois, et qui retarde cette combustion en raison même de son accumulation dans le foyer; car telle est la cause véritable du peu d'activité, de la paresse, comme on le dit en fabrique, de certains fourneaux enterrés. Les fourneaux portatifs ne sont point exposés à cet inconvénient, le plus grave, sans contredit, qu'on puisse rencontrer dans la fabrication des vernis gras de copal.

A l'inspection des fig. 2530 et 2531, on comprendra ce que c'est qu'un fourneau à fondre les résines, mais aussi qu'il est impossible d'en donner les dimensions exactes; en effet, le diamètre du cercle en fer, qui solidifie son bord supérieur, dépend du diamètre des matras; il est même essentiel qu'il soit un peu plus grand, car si les matras s'y emboîtaient trop exactement, il deviendrait impossible de les en retirer, alors que chauds, c'est-à-dire ayant augmenté de volume, ils y seraient pressés comme dans un étau. Il faut donc que tous les matras, à leur ligne d'engagement, soient du même diamètre, mais il faut, en outre, que le diamètre du cercle soit d'un centimètre plus grand que celui des matras.

Le diamètre du foyer sera le même que celui du cercle supérieur; quant à sa hauteur, comme il est nécessaire qu'on puisse y mettre assez de charbon pour durer jusqu'à la fin d'une opération, on lui donne ordinairement 16 centimètres, à partir du dessus de la grille jusqu'au cul du matras posé sur ses crochets; les quatre cheminées qu'on ménage à l'entour du fourneau ne prennent elles-mêmes naissance qu'à la hauteur de ce cul, pour sortir à 20 centimètres du cercle de fer.

Le cendrier, formé ordinairement par des briques debout, devant supporter la grille du fourneau, doit être par conséquent d'un diamètre de 2 à 3 centimètres plus petit que celui de la grille elle-même.

On donne aux quatre cheminées et à la conduite d'air au foyer 6 centimètres carrés, et à la conduite d'air au cendrier la hauteur d'une brique, et une largeur telle qu'avec une brique en travers on puisse la couvrir, c'est-à-dire 3 centimètres de moins que la longueur d'une brique.

Lorsque nous aurons dit que l'on dispose les crochets

des oreilles des matras de manière qu'ils ne puissent s'enfoncer dans le fourneau de plus de 13 à 14 centimètres, ce qui donnera au foyer une hauteur totale, depuis le dessus de la grille jusqu'aux bords supérieurs du cercle en fer, 29 à 30 centimètres, nous aurons donné tous les renseignements qui sont nécessaires pour en pouvoir construire soi-même.

Il est bien entendu que le ciment dont on se sert dans ces sortes de maçonneries est tout simplement de l'argile (terre à four ou à potier) délayée dans l'eau, en bouillie épaisse.

Depuis quelque temps on a introduit, dit-on, dans quelques fabriques l'usage du coke pour fondre le copal; mais nous ignorons complétement la forme du fourneau qu'on y emploie; toujours est-il qu'il doit exister dans ces fourneaux un tirage bien plus fort que dans ceux dont nous venons de donner la description. Mais le fourneau, tel que nous venons de le décrire, brûlerait certainement à feu vif plus de 3 kilos de coke à l'heure : il ne faudrait, pour déterminer, à travers le foyer, un courant d'air beaucoup plus rapide et suffisant d'ailleurs pour la quantité de coke ci-dessus, qu'adosser le fourneau à une bonne cheminée assez élevée, avec laquelle on le mettrait en communication, par le moyen d'un conduit en fer ou en maçonnerie, de 13 à 16 centimètres carrés, sans coude ni étranglement, puis supprimer les quatre petites cheminées, et se servir de matras avec panache, car ici il faut boucher exactement l'orifice supérieur du fourneau.

Spatules. On achète du fort fil de fer qu'on coupe à longueur de manière à dépasser de 30 centimètres la hauteur du matras; on fait rougir et on aplatit l'une des extrémités, au moyen de quelques coups de marteau. Voilà la spatule des vernisseurs. Mais rien n'empêche cependant, si on la veut mieux faite, d'y dépenser plus d'argent en la faisant forger par un homme du métier.

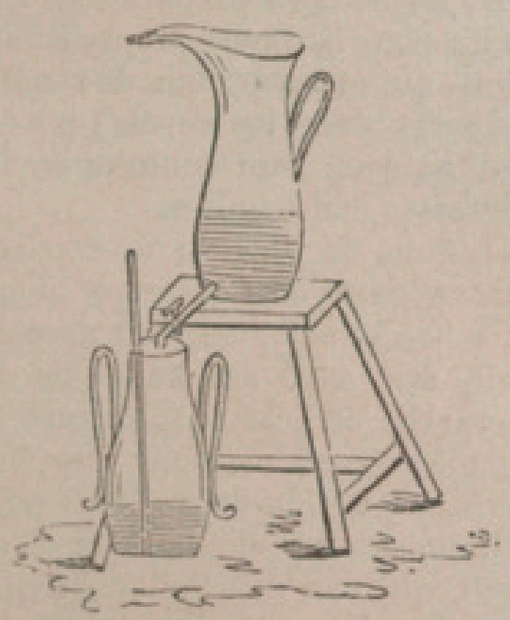
Tamis. Une toile en laiton ni trop ni trop peu serrée, montée sur un cercle en bois, forme un très bon tamis pour le vernis.

Nous en avons fait établir un de 35 centimètres de diamètre, avec un cercle en fer-blanc, cloué et non pas soudé, qui nous paraît d'un meilleur usage qu'avec un cercle en bois, attendu que pour le nettoyer nous n'avons qu'à y mettre le feu.

Un carré ou châssis en bois. Il sert à soutenir le tamis au-dessus du refroidissoir où l'on verse le vernis.

Refroidissoirs. Chaudières en fer ou en cuivre où l'on verse le vernis à travers le tamis et où on le laisse séjourner jusqu'à son parfait refroidissement.

Trépied. C'est une planchette carrée (figure 2532), de 30 centimètres de côté, montée sur trois ou quatre pieds assez élevés pour qu'on puisse loger facilement le matras à éteindre sous le robinet d'une velte ou mesure en fer-blanc, placée sur cette planchette et contenant la quantité d'essence nécessaire pour mettre le vernis à bonne consistance.



2532.

Autrefois l'ouvrier vernisseur était obligé de verser l'essence d'une main et de mêler de l'autre pour incorporer le vernis dans l'essence; au moyen du trépied, il n'a qu'à ouvrir le robinet de manière à en faire couler l'essence par filet. Il lui suffit de mêler de temps en temps avec la spatule; il évite ainsi de respirer une épaisse vapeur d'essence et d'eau que la haute température du vernis détermine toujours, surtout dans les premiers instants de la coulée de l'essence. L'ouvrage est plus facile et plus régulier.

Entonnoirs, touries, tonneaux pour empoter ou transporter les vernis.

Tel est à peu près l'inventaire d'une fabrique de vernis gras. Quant aux chaudières pour chauffer l'huile ou l'essence, nous n'en parlerons pas, attendu que nous en avons donné la description en parlant des différentes manières de préparer les huiles pour les rendre propres à en faire des vernis, et que ces mêmes chaudières sont précisément celles dont on se sert alors pour porter l'huile et l'essence à la température de 120 à 150 degrés.

Choix et préparation du copal dur. Si nous n'avons presque rien dit des résines employées dans les vernis des premier, deuxième et troisième genres, c'est qu'il suffit pour les rendre propres à y entrer, de les monder au couteau et ensuite de les laver, puis de les bien assortir de couleur. Il n'en est pas tout à fait de même pour les vernis du quatrième genre. Le copal dur exige sans doute, lui aussi, d'être bien mondé, bien assorti de couleur; mais il faut, en outre, que tous les morceaux, dont se compose chaque dose, soient également fusibles au feu, si l'on veut en obtenir des vernis meilleurs et plus beaux que ceux qu'on a faits jusqu'à ce jour.

Le copal dur se vend sous différents noms : le copal de Calcutta est le plus estimé; puis vient le copal de Bombay, et en troisième ligne une espèce en petits fragments qui ne se désigne pas autrement que sous le nom de copal dur à l'italienne, mondé ou non mondé.

Choix. On doit choisir le copal de Calcutta, le plus gros et le moins coloré, avec le moins de poussière, de marrons et de mélanges avec d'autres résines, telles que le Bombay, le demi-dur et même le tendre. Il faut le visiter bien attentivement, car il se trouve presque toujours mêlé avec une espèce rugueuse, qui lui ressemble beaucoup, mais pourtant qui en diffère en ce que ce copal étant plus tendre, les aspérités qui constituent la chair de poule au lieu d'être terminées, comme dans le copal de Calcutta, par une surface arrondie, le sont par une surface plate et comme usée par le frottement des morceaux les uns contre les autres, de telle manière, que ce faux copal de Calcutta, est plutôt à surface chagrinée qu'à surface de chair de poule. Si nous insistons autant sur cette sophistication, c'est que ce faux copal étant beaucoup plus fusible que le vrai Calcutta, pour peu que ce dernier en contienne, il ne fournira jamais qu'un vernis coloré et de mauvaise qualité. Mais heureusement, on a de bons moyens pour le découvrir et le séparer du copal véritablement dur, comme on va le voir.

Préparation. Nous avons dit que le copal de Calcutta se trouve mélangé de plusieurs espèces, les unes plus dures, les autres moins dures, ou pour parler plus exactement, les unes plus fusibles, les autres moins fusibles. Si après avoir cassé son copal et l'avoir bien assorti par nuance de coloration, mais non par degré de fusibilité, on veut le fondre à nu, l'espèce la moins dure, qui est aussi la plus fusible, sera fondue longtemps avant l'autre, et aura le temps de se charbonner avant que l'autre soit seulement entamée par le calorique. Si cependant on veut attendre que toute la résine en expérience soit entièrement fondue, les parties les premières fondues seront d'autant plus altérées, d'autant plus charbonnées qu'il aura fallu attendre plus longtemps la solution des autres, et le vernis résultant sera coloré, peu siccatif, peu brillant, précisément en raison du trop long temps que la résine a séjourné sur le feu. Si donc on veut avoir de beaux et bons vernis, ce n'est pas seulement par nuan-

ces, mais principalement par degrés de fusibilité qu'il faut assortir sa résine. Voici les trois moyens que nous employons pour arriver à ce résultat, et qui réussissent tous trois.

Premier moyen pour assortir le copal dur sous le rapport de l'égale fusibilité de tous les morceaux dont une dose de 3 *kil. se compose.* — Nous chauffons fortement, mais cependant pas à rougir, une barre de fer poli de 5 à 6 millimètres d'épaisseur, et nous essayons sur cette barre chacun des morceaux entiers dont se compose une caisse de copal. Nous découvrons ainsi, presque toujours, trois espèces de copal que nous mettons à part. La première, la plus dure, la plus infusible, grille sur la barre de fer, presque comme le ferait la gomme arabique. La deuxième fond, mais moins facilement que la troisième. Chacune de ces trois espèces est ensuite assortie par nuance de coloration, nettoyée au couteau le plus exactement possible, cassée en fragments d'égal volume, et fournit un vernis souvent plus beau que la nuance de la résine ne le ferait présumer.

Deuxième moyen. — Faites tremper le copal entier ou cassé, bien assorti de nuance, dans une lessive alcaline composée de 500 grammes de potasse perlasse dans 25 kil. d'eau de rivière, pendant quarante-huit heures; lavez ensuite le copal que vous en aurez retiré à grande eau de rivière, dans un baquet où vous le remuerez fortement avec un balai un peu dur; recommencez plusieurs fois ce lavage pour enlever toute la potasse, séparez ensuite les morceaux les plus ramollis de ceux qui le sont moins, et ceux-ci à leur tour de ceux qui sont restés presque durs, faites-les sécher sur une toile, au soleil ou à l'étuve, et vous aurez tout à la fois nettoyé votre copal qui sera clair et brillant comme le cristal, et séparé le plus dur, le moins fusible, des deux autres sortes, car celui qui est resté le plus dur dans la lessive est aussi le plus infusible.

Troisième moyen plus expéditif que le deuxième. — Composez une lessive alcaline telle que nous venons de le dire, mettez-y même un peu plus de potasse, cela n'en vaudra que mieux; faites-la bouillir dans une chaudière bien propre, jetez-y votre copal cassé et bien assorti de nuance, remuez-le avec une spatule en fer jusqu'à ce que la résine ne produise plus sur les parois de votre chaudière le bruit que font les corps durs en frappant un métal; retirez alors votre copal de la lessive, versez-le ramolli tel qu'il est dans une manne, nageant dans un baquet plein d'eau de rivière froide, agitez fortement et de suite le copal dans cette manne avec un balai en bois assez dur; il se raffermira et en même temps se nettoyera. Changez votre eau plusieurs fois pour enlever jusqu'aux dernières traces de la potasse, en ayant soin toutefois, de ne pas faire couler avec votre eau les menus débris de copal détachés pendant les lavages. Lorsque enfin le copal est bien net, bien brillant, sortez-le de l'eau, étendez-le sur une toile au soleil, toujours en mettant à part les morceaux les plus durs de ceux qui ont conservé le plus de ramollissement; nous avons déjà dit que ces derniers étaient les plus fusibles.

Si vous avez traité votre copal entier par l'un des trois moyens que nous venons de décrire, il ne reste plus qu'à le casser à grosseur d'aveline le plus également possible; de bien assortir vos nuances pour former vos numéros de vernis; les plus belles pour les numéros les plus fins, les autres pour les moins fins. Si vous avez employé la barre de fer, il faut, tout en cassant, éplucher bien chaque morceau pour les dépouiller de toutes les impuretés qui saliraient vos vernis, et vous aurez pris toutes les précautions nécessaires pour obtenir non seulement de beaux vernis, mais incomparablement meilleurs que par tout autre procédé, attendu qu'ils ne resteront sur le feu que le temps justement convenable pour former un mélange homogène et stable de la résine avec l'essence au moyen de l'huile siccative que vous devez y ajouter.

Copal de Bombay. Le copal de Bombay se présente en morceaux plus volumineux et plus colorés que le copal de Calcutta. Celui-ci a l'écorce à chair de poule, le copal de Bombay paraît avoir été dépouillé de son écorce rugueuse, au moyen d'un couteau ou d'une râcle, car tous les morceaux sont lisses. Sa cassure est brillante et offre la transparence du cristal le plus pur, d'une nuance qui varie depuis le jaune-citron jusqu'à l'orangé foncé et quelquefois rougeâtre. Comme le Calcutta, il est très dur, inodore, insipide à froid; il porte à la surface l'empreinte de sable coloré de rouille; ses morceaux en larmes allongées ou mamelonnées sont d'une couleur généralement uniforme dans toutes leurs parties. Il n'est pas rare, au contraire, de trouver dans le Calcutta deux nuances bien distinctes dans le même morceau. Il devient aussi électrique par le frottement.

Choix. Il faut choisir le copal de Bombay le plus égal de nuance, et en morceaux plutôt gros que menus, avec le moins de marrons, de poussière, et le moins mélangé avec d'autres variétés.

Préparation. Ce qu'on fait pour le Calcutta afin de l'assortir sous le rapport des nuances et des degrés de fusibilité, pour le casser, le nettoyer, etc., réussira également avec le Bombay.

Les vernis qu'on obtient avec le copal Bombay ont identiquement la même qualité qu'avec le Calcutta. Ils sont peut-être un peu plus teintés que ces derniers.

Copal à l'italienne. Cette variété du copal dur paraîtrait être le dernier choix du copal de Calcutta, car elle se présente en petits fragments peu épais, qui sont plutôt chagrinés qu'à chair de poule et d'une couleur jaune-orangée; d'une dureté et d'une fusibilité inégales, et, précisément à cause de cela, fondant mal et rendant peu de vernis, ou rendant un vernis de mauvaise qualité. C'est, en un mot, un mélange de tous les résidus, soit de copal dur, soit de demi-dur, dont il est impossible de faire la description.

Il n'y a pas de choix ni de préparation à prescrire ici; la seule chose qu'il faille faire avant de l'acheter, c'est de l'essayer pour voir l'espèce de vernis et dans quelle quantité on en pourra faire. C'est alors une simple question de prix, mais non de qualité, et dont on n'a pas à s'occuper sérieusement ici.

Manière de préparer l'huile de lin pour les vernis du quatrième genre. Maintenant que nous savons choisir le copal et séparer les morceaux plus fusibles de ceux qui le sont moins, il nous reste, avant de donner la manière de le travailler, pour le transformer en vernis, au moyen de l'huile et de l'essence de térébenthine, à décrire les diverses préparations qu'on fait subir à l'huile de lin pour la rendre propre à faire le vernis. Ces opérations, qui ont pour but de rendre cette huile (la seule qui serve dans les vernis) plus siccative que dans son état naturel, sont connues en fabrique sous le nom de dégraissage des huiles.

L'huile de lin doit être pure, et maintenant on la trouve dans le commerce bien difficilement dans cet état. On la mélange, soit avec des huiles de poisson, de suif, soit avec des huiles de cameline, d'œillette, de chanvre, de sésame; lorsque l'une ou l'autre de ces dernières est à meilleur marché que l'huile de lin, car c'est la question du meilleur marché qui décide l'espèce d'huile qu'on y ajoutera. Si on ne la mélangeait cependant qu'avec des huiles siccatives, il n'y aurait pas grand mal; mais lorsqu'on y ajoute des huiles non siccatives de poisson, de suif, par exemple, qu'on a dû traiter par les acides pour les blanchir ou leur enlever leur puanteur, l'huile de lin est totalement abîmée, impropre aux vernis et même aux couleurs.

La chimie, la physique, offrent sans doute les moyens de reconnaître le degré de pureté de toutes les huiles

mais ces moyens sont au-dessus de la portée de bien des gens; il en faut d'autres, plus simples, plus faciles et tout aussi sûrs. Ces moyens, les voici :

Premier moyen. Dans une chaudière de 25 à 30 litres, mettez 15 à 20 lit. de l'huile à essayer, ajoutez-y 500 grammes de litharge en poudre bien sèche, et 250 gram. de terre d'ombre, calcinée nouvellement, mélangez et portez le tout sur le feu, assez fort pour faire frémir, mais non pour faire bouillir votre huile; remuez doucement et souvent les ingrédients afin d'empêcher qu'ils ne s'attachent au fond; mais évitez de les remuer assez fort pour combiner l'oxyde de plomb avec l'huile. Après 5 ou 6 heures de feu vous verrez l'écume devenir roussâtre, et peu après se former en taie. C'est le moment de retirer la chaudière du feu, et de verser toute la partie liquide dans un vase bien propre. Si l'huile que vous obtiendrez ainsi ne louchit pas sur la vitre, si elle est bien siccative, et surtout, car c'est là son caractère le plus essentiel pour les vernis, si elle s'éclaircit facilement, c'est-à-dire en huit ou dix jours de repos à la cave, elle est bonne, vous pouvez l'acheter avec confiance; mais si elle ne présente pas toutes ces qualités, ne vous y fiez pas, elle tromperait votre attente.

Deuxième moyen. Un autre moyen plus facile, mais pas aussi concluant, consiste à mettre dans une casserole, de la contenance de 4 litres, 2 lit. 1/2 d'huile à essayer; de chauffer cette huile pour la faire bouillir (et elle bout à 316 degrés si elle est pure), et de la tenir sur le feu jusqu'à ce qu'il se forme à la surface des points d'écume blanche. Si l'huile est bonne pour vernis, la haute température à laquelle vous l'avez soumise ne fera que la blanchir et l'épaissir tout en la laissant limpide; si, au contraire, elle est impropre à ce service, elle tournera comme fait le lait sous l'influence d'un acide, se décomposera en deux parties, l'une parfaitement limpide, et l'autre qui se déposera sous forme de grumeaux verdâtres : la première sera l'huile, la seconde sera formée par le mucilage aqueux qu'elle contenait et dont elle n'a pas été dépouillée par le *clairçage*. N'achetez pas cette huile, elle est trop récente, n'a pas été suffisamment reposée pour se dépouiller des parties aquo-mucilagineuses que toutes les huiles de lin nouvellement préparées contiennent d'autant plus abondamment aujourd'hui, qu'on n'applique plus (en fabrique) à la graine pulvérisée, un degré de chaleur suffisant pour les détruire en majeure partie, comme on le faisait autrefois.

Si vous avez mesuré la température de l'huile tournée lorsque les points d'écume ont apparu, vous ne l'aurez guère trouvée au-delà de 275 à 285 degrés centigrades, selon la quantité de matières étrangères qu'elle contenait. Nous en avons travaillé plus d'une fois, qui nous offrirent un quart de déchet sur la masse totale; mais, il faut le dire, l'huile claire que nous en retirâmes était excellente pour les vernis. Ce moyen d'essai est donc aussi un moyen de purifier les huiles, de les débarrasser des matières aquo-mucilagineuses qu'elles contiennent.

Si, pourtant, et cela nous est arrivé souvent, il était impossible de trouver une huile convenable, on devrait choisir celle qui présente le moins d'inconvénients; l'essai ci-dessus vous la ferait connaître. Achetez-la, mettez-la dans un réservoir en plomb, laissez-la reposer un mois ou deux, et même plus, soutirez les trois quarts supérieurs par robinets étagés, servez-vous en pour en faire des vernis ou des huiles siccatives; l'huile du dernier quart restant au fond du réservoir, vendez-la pour broyer ou détremper les couleurs, car elle est tout à fait impropre au travail du vernisseur.

Mais l'huile, provenant des trois quarts supérieurs du réservoir, n'est cependant pas encore dans un état convenable pour être transformée en huile siccative, il faut, avant, la purifier du mucilage et de l'eau qu'elle peut contenir, et pour cela, il faut la porter dans une chaudière, la chauffer à petit feu, qu'on augmentera peu à peu, jusqu'à ce qu'elle soit tournée (si toutefois elle tourne, car il arrive souvent que les parties supérieures ne tournent plus). Mais il est un signe, précurseur infaillible, qui vous avertit, lorsque l'huile est pour tourner. A 175 degrés environ, vous voyez la surface se picoter de petits bouillons; continuez le feu, et bientôt après, dans les 200 à 220 degrés, vous voyez apparaître les grumeaux et voyager de bas en haut et de haut en bas dans le liquide; attendez qu'ils soient bien formés, alors éteignez votre feu, laissez refroidir l'huile dans la chaudière; le lendemain tirez à clair, mettez à part le dépôt grumeleux dans un tonneau défoncé où il achèvera de se déposer en se séparant d'une huile limpide que vous soutirerez par la suite. L'huile ainsi purifiée peut être employée aux divers usages des vernis, etc.

Huile pour vernis. Mettez dans une chaudière en fonte 200 kil. d'huile de lin, et avec un feu modéré portez-la de 175 à 200 degrés de température; jetez-y au commencement 2 à 3 kil. de pain coupé par tranches minces, et une vingtaine d'oignons dont vous aurez ôté la peau, et que vous laisserez jusqu'à ce que le pain soit bien frit, et les oignons bien rissolés (on ôte le pain avant les oignons); vous les enlèverez alors, au moyen d'une écumoire, et vous continuerez de laisser votre huile sur le feu, jusqu'à ce qu'elle soit bien blanchie. Le feu, ayant toujours été modéré, cette opération pourra durer 8 heures, et vous obtiendrez une huile excellente pour faire des vernis.

Usages de l'huile. Cette huile est excellente pour faire des vernis aussi solides, mais moins teintés que ceux à l'huile préparée à l'oxyde de plomb. Un des caractères qui distinguent les huiles blanchies à l'air des huiles blanchies au feu, c'est que si vous chauffez les premières, elles reprennent de suite leur coloration première; il n'en est pas de même pour les huiles blanchies par le feu, elles restent au feu telles qu'on les y a mises; aussi conviennent-elles parfaitement aux vernis, tandis que les autres ne valent rien pour cet usage.

Autre huile pour vernis. Mettez dans une chaudière en fonte 200 kil. d'huile de lin, suspendez-y dans une toile métallique tenue aux quatre coins par des fils de fer et placée à 10 centimètres du fond, 6 kil. de litharge en poudre, renfermée dans une toile de lin assez serrée pour empêcher la litharge de passer à travers; allumez votre feu et conduisez-le modéré jusqu'à ce que vous ayez atteint 200 degrés environ, vous aurez mis au commencement de l'opération 2 à 3 kil. de pain en tranche et une vingtaine de tête d'aulx et vous les aurez retirées aussitôt que le pain était bien frit et les aulx bien rissolés; éteignez alors votre feu, retirez la litharge, et votre huile est faite.

Plus le feu aura été ménagé, plus l'huile sera siccative et peu colorée; elle l'est cependant plus que la précédente, mais elle ne donne pas un vernis plus solide ni plus siccatif.

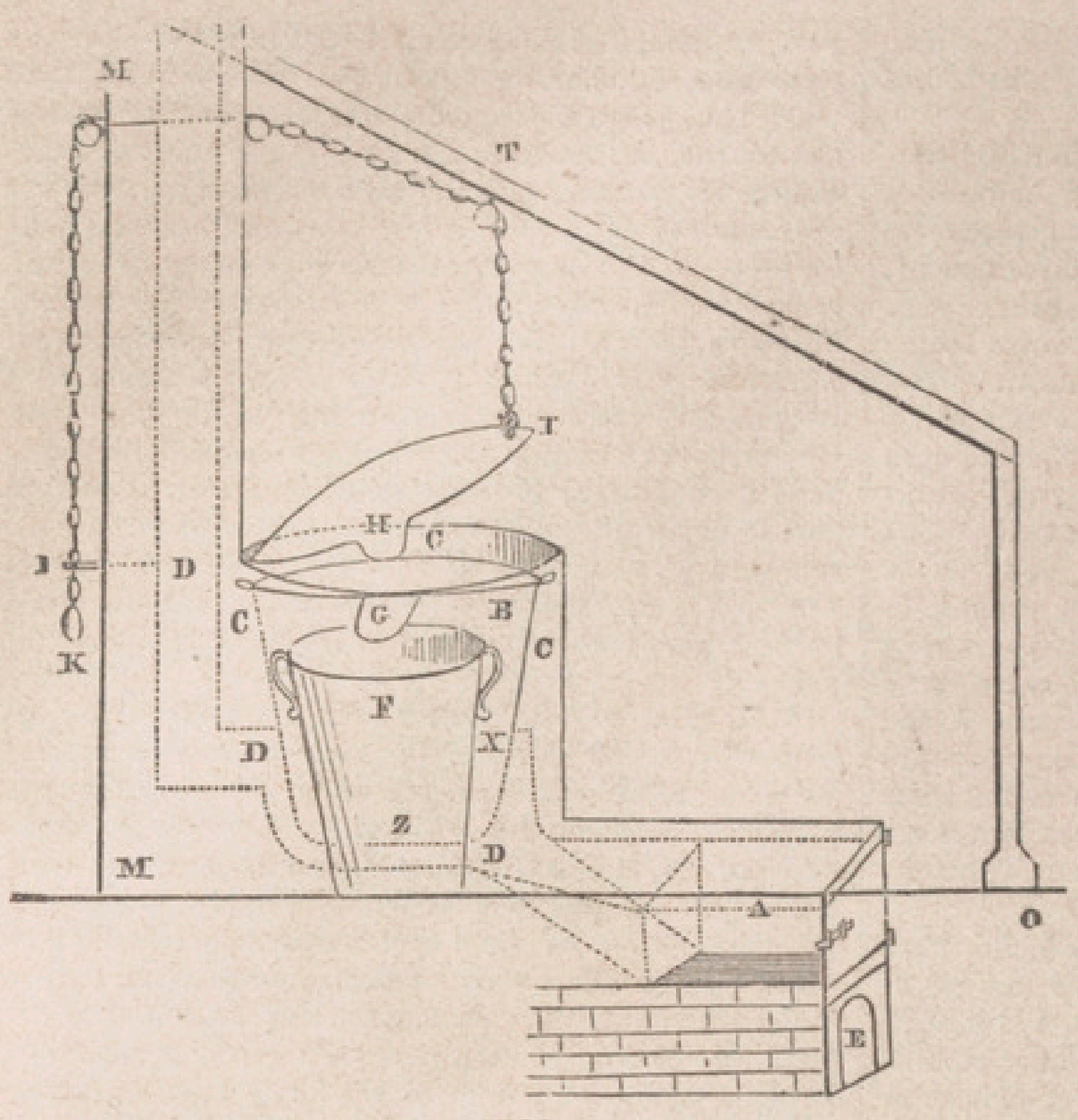
Nous mélangeons souvent la litharge avec un corps poreux, tel que le noir animal en grains, la pierre ponce ou du plâtre, aussi en poudre grossière. Nous favorisons ainsi l'action de l'huile sur l'oxyde de plomb et obtenons une huile plus siccative sans être plus colorée.

Autre huile pour vernis.

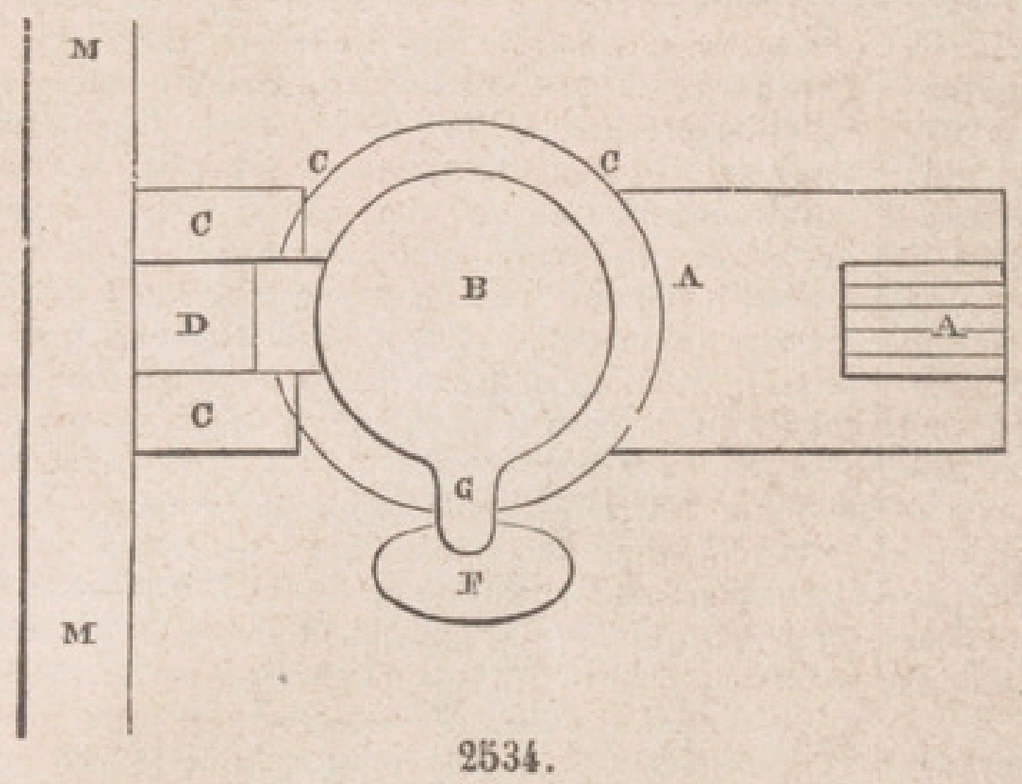
200 kil. d'huile de lin.
4 kil. étain filé.

Chauffez l'huile jusqu'à ce que l'étain soit fondu, jetez-y alors une centaine d'oignons pelés que vous laisserez jusqu'à ce qu'ils aient pris une belle couleur rousse, éteignez le feu, ôtez les oignons, l'huile est préparée.

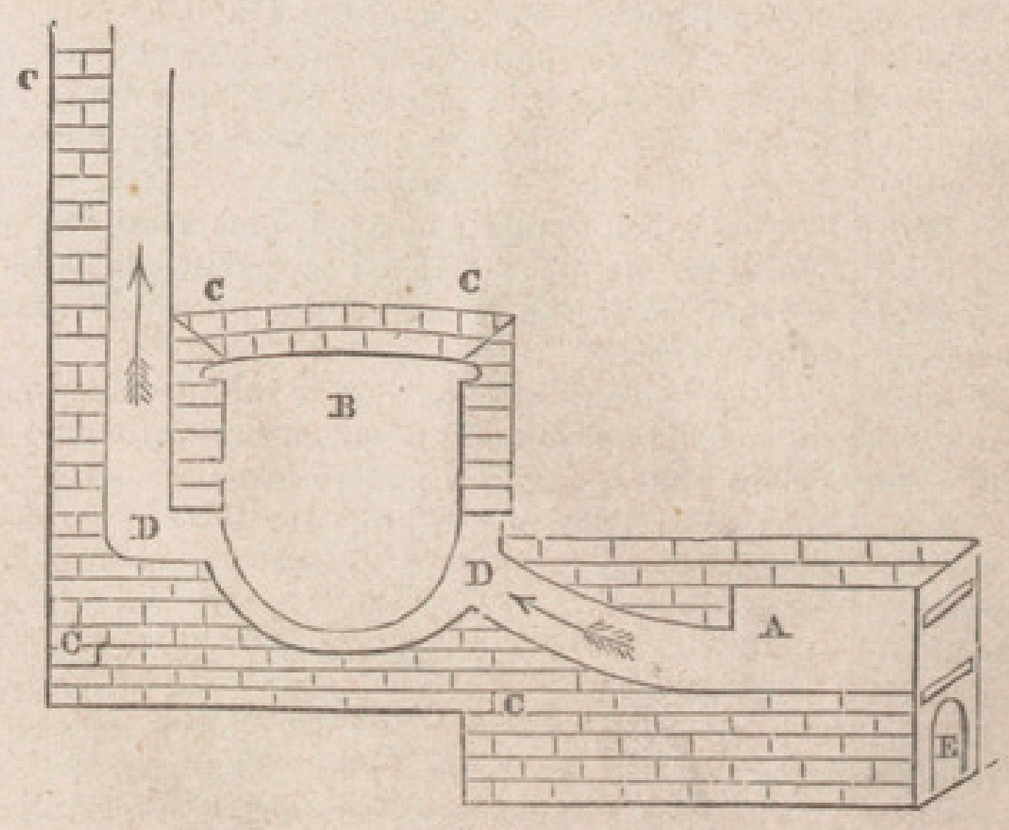
Quelques manipulateurs ajoutent encore du pain



2533.



2534.



2535.

qu'ils retirent quand il est bien frit et le remplacent par d'autre pain à plusieurs reprises.

Remarques. L'huile qu'on obtient ainsi est peu colorée, peut faire d'excellents vernis, mais pas meilleurs qu'avec la première recette, qui coûte moins cher.

Quelques manipulateurs corsent les huiles ci-dessus, en portant leur température à 316 degrés. Ils prétendent qu'ils y trouvent grand avantage, surtout pour le travail des résines que nous avons désignées sous le nom générique de copal demi-dur qui, ne rendant pas beaucoup, ne fourniraient, sans l'emploi d'une huile corsée, que moins de vernis encore. Nous croyons, nous, que ce n'est pas là où est le nœud de la question du corsage des vernis. La même résine, cuite à point, donnera un vernis plus corsé, qui boira plus d'essence que si on la laisse trop cuire; et puis, d'un autre côté, la même résine fondue à point et incorporée avec une des huiles ci-dessus, préparées depuis une année, par exemple, fournira aussi un vernis plus corsé que ne saurait le faire la même huile sortant de l'œuvre. Il y aurait donc, sous ce rapport, déjà grand avantage à se servir d'huile ancienne; et ce n'est pas tout encore, le vernis qu'on obtiendrait serait beaucoup plus solide et plus siccatif.

Telles sont les formules des huiles qu'on prépare en fabrique pour les vernis, et que nous avons toutes essayées et que nous avons reconnues bonnes. L'huile corsée ou non, c'est-à dire préparée telle que nous en donnons la recette, suivant la première formule, mais que nous portons quelquefois jusqu'à 316 degrés, son point d'ébullition, est celle que nous employons de préférence. Nous avons la précaution d'en avoir toujours assez d'avance pour ne nous en servir que cinq ou six mois après sa préparation, elle est alors meilleure et donne un vernis plus corsé et plus siccatif, selon que nous venons de le dire.

Description des appareils où s'exécutent les diverses opérations dont nous venons de parler et au moyen desquels on parvient rapidement à oxyder les huiles. (Fig. 2533, 2534 et 2535). A, foyer en briques dont le dessus est solidifié par des barres de fer, en dessous de la ligne de sol; B, chaudière d'ébullition en fer fondu ou en cuivre; C, maçonnerie en briques qui entoure la chaudière; D, cheminée; E, cendrier; F, chaudière de décharge; G, déversoir de la chaudière d'ébullition; H, couvercle de la chaudière d'ébullition armé d'une lame pour couvrir le déversoir; I, corde ou chaîne qui s'accroche au couvercle, qui s'appuie sur un rouleau contre le toit, traverse la muraille qui supporte la cheminée, va s'accrocher à un clou K planté dans la muraille derrière la chaudière; H, muraille qui supporte la cheminée D, et T le toit.

Dans beaucoup de fabriques on monte les chaudières au-dessus du foyer; elles ont d'ailleurs chacune leur déversoir. Nous nous sommes bien trouvés de l'appareil dont nous donnons les projections horizontales et verticales, parce que le fond de la chaudière n'est pas l'endroit le plus chaud, et qu'ainsi nos ingrédients ne s'y attachent pas aussi facilement; nous avons le soin aussi de ne laisser découverte que la moitié inférieure de la chaudière

qui se trouve ainsi chauffée seule dans une atmosphère de fumée brûlante, et comme la chaleur monte toujours, la chaudière est plus chauffée en X qu'en Z.

Nous allons, sans plus de préambule, passer à la description du travail qu'exigent les différentes espèces de copal pour les transformer en vernis.

Travail du vernis gras de copal dur.

Prenez : 3 kilogr. de copal dur cassé à grosseur d'aveline, et bien assorti sous les différents rapports que nous venons de signaler.
1k,50 d'huile de lin préparée par l'un des procédés indiqués ci-dessus.
4 à 5 kil. d'essence de térébenthine.

Manière d'opérer. Sur un fourneau bien allumé et contenant assez de charbon (de bois) pour pouvoir durer jusqu'à la fin de l'opération, car rien n'est dangereux comme de n'avoir pas assez de feu pour achever, sans éprouver le moindre retard, la fonte de la résine et son incorporation avec l'huile, comme nous le dirons plus loin, placez un matras bien nettoyé, dans lequel vous aurez mis les 3 kilogr. de copal et la spatule. Le copal ne tarde pas à fondre, c'est ce qu'une vapeur blanche vous indique, et cette vapeur augmente au fur et à mesure que l'opération de la fonte avance. La spatule vous sert à remuer le copal de temps en temps pour l'empêcher de se colorer en s'attachant au fond du matras; et la résistance de plus en plus faible qu'il oppose à son action vous avertit qu'il entre en fusion et que l'opération marche bien. Bientôt vous n'en sentez plus que quelques morceaux, et peu après vous ne sentez plus rien. Essayez alors si votre résine fondue est bien coulante, en gouttes bien détachées et tombant rapidement du bout de la spatule que vous avez retirée vivement du fond du matras, où elle reposait, jusqu'au niveau du bord supérieur. Lorsque votre résine est bien coulante, car vous devez lui donner le temps d'y arriver, mais non pas de dépasser cette limite, sous peine d'obtenir un vernis trop coloré, versez-y peu à peu, en mélangeant avec la spatule l'huile de lin, que vous avez fait chauffer à part à 150 degrés. L'huile ajoutée, agitez fortement la masse pour en opérer le mélange, puis essayez s'il est bien fait, et pour cela faites-en tomber une goutte, du bout de la spatule, sur une vitre que vous tenez à la main. Si la goutte n'est pas très limpide et très brillante, attendez un moment, elle le deviendra bientôt; le mélange, alors seulement, sera parfait. Il ne vous reste plus qu'à enlever vivement le matras du feu et à le porter sous le robinet de la velte d'essence placée sur le trépied. Laissez le vernis se refroidir (*suer*, en terme de fabrique) pendant quelques minutes, sans le remuer, mais en surveillant toutefois s'il ne monte pas en mousse et s'il ne tend pas à sortir du matras en écume, auquel cas il faudrait le remuer fortement avec la spatule, et si l'on ne pouvait pas réussir à le calmer ainsi, il faudrait en outre ouvrir le robinet de l'essence pour l'y faire couler par filet, en remuant avec la spatule, non pas au fond du matras, mais seulement à la partie supérieure pour couper l'écume à l'endroit où l'étranglement du goulot rend cette précaution plus nécessaire. L'introduction et l'accès de l'air que vous facilitez ainsi d'un côté, l'addition d'essence froide de l'autre, auront bientôt calmé l'effervescence. L'écume s'affaissera, disparaîtra bientôt tout à fait. L'essence froide tombant dans le vernis bouillant se réduira en vapeurs épaisses, emportant avec elles une bonne partie de l'eau que cette huile contient presque toujours. Laissez toujours couler votre essence par filet que vous augmenterez même peu à peu; il est inutile de remuer le vernis pour en opérer le mélange avec l'essence, tant qu'il se dégage des vapeurs : il existe dans le matras, par le fait même de cette évaporation, une agitation telle qu'elle suffit, et au-delà, pour l'incorporation de l'un avec l'autre; mais lorsque cette évaporation diminue, non seulement il faut ouvrir davantage le robinet, mais il faut agiter fortement le mélange. Enfin, lorsque la plus grande chaleur est passée, et qu'il n'y a plus à craindre que le vernis soit projeté au loin par une addition d'essence plus abondante à la fois que celle qu'on a faite jusque-là, fermez le robinet, prenez la velte d'essence d'une main, versez-en le contenu dans le vernis en ayant soin de bien agiter, avec la spatule que vous tenez de l'autre main, afin d'obtenir un mélange bien homogène, et l'opération est terminée tout aussitôt que vous avez achevé d'y verser la dose d'essence convenable. Essayez alors si le vernis résultant est bien transparent et s'il est corsé à point; pour cela faites-en tomber une goutte sur une vitre. S'il est limpide, il est bon, s'il ne l'est pas, reportez-le sur le feu, il le deviendra au premier bouillon. S'il est trop corsé, ajoutez-y encore un peu d'essence. S'il est trop peu corsé, il n'y a pas de remède. Seulement à la dose suivante vous aurez le soin de ne plus y mettre autant d'essence.

Il ne vous reste plus qu'à verser le vernis dans le refroidissoir, à travers le tamis, et à le laisser en repos jusqu'à son entier refroidissement. Quant au matras, immédiatement après en avoir vidé le vernis, et pendant que ce vernis filtre à travers les mailles du tamis, rincez-le avec un peu d'essence que vous jetterez ensuite sur le tamis pour la réunir au vernis. Puis, vous mettrez le matras à égoutter sur une tine pour récolter ainsi le peu de vernis qui y reste. Au bout de cinq minutes, vous pouvez relever le matras, y mettre une nouvelle dose de résine et la porter sur le feu pour recommencer une autre expérience.

Travail des vernis gras au copal demi-dur. — Première méthode.

Prenez :	Copal demi-dur. . . .	3k
	Huile de lin préparée. . .	1k,50 au plus
	Essence de térébenthine. .	4 à 5k

Manière d'opérer. Absolument les mêmes manipulations et, en cas d'accident, la même manière d'y parer que pour le copal dur.

Vous remarquerez seulement que le copal demi-dur fond beaucoup plus facilement et qu'il fournit en fondant beaucoup plus de vapeurs que le copal dur; en d'autres termes, qu'il résiste moins au feu que ce dernier, qu'il y est plus facilement et plus profondément décomposé, et que les produits de sa décomposition, les gaz, l'huile volatile et l'eau sont plus abondants, et que par suite il supporte moins d'huile et d'essence que ne le fait le copal dur. Aussi les accidents énumérés au travail du copal dur sont-ils plus fréquents avec le copal demi-dur et sont-ils plus à craindre, comme nous allons le démontrer sommairement.

Nous avons dit que lorsque le copal dur avait langui sur le feu (*qu'on avait fait perruque*), qu'un bon feu rétablissait les choses, qu'on en était quitte, à moins que l'accident ne fût complet, pour avoir un vernis un peu plus coloré qu'il ne le devrait être; il n'en est pas de même avec le copal demi-dur, car, et précisément à cause de la facilité avec laquelle il se décompose, le long temps où l'on doit alors le laisser sur le feu pour l'amener au point de fusion propre à le rendre miscible à l'huile, le dénature presque totalement, et il ne fournit plus alors qu'un vernis noir, peu siccatif, et surtout en petite quantité; car, pour peu qu'on y mette d'huile et d'essence, il a perdu toute consistance de vernis.

Si, d'un autre côté, vous ne cuisez pas assez cette espèce de résine, en d'autres termes, si vous n'expulsez pas assez complétement, au moyen d'une évaporation suffisante, les parties décomposées par l'action du feu, vous comprendrez facilement que les accidents qui.

dans le copal dur, résultent du trop peu de cuisson, se développeront ici d'autant plus intenses que les matières à expulser seront restées en plus grande quantité dans la résine fondue; que, par suite, le mélange d'huile et de résine sera moins intime, moins stable, qu'il ne tiendra pas dans l'essence qui, elle-même, renfermant presque toujours de l'eau, ne fera que favoriser cette séparation (*galette*, en terme de fabrique).

Mais si vous la cuisez trop, vous ne faites plus que très peu de vernis de mauvaise qualité : il est donc préférable de rester en deçà de cette limite, c'est-à-dire de la cuire plutôt un peu moins qu'un peu trop. Lors donc que la résine fondue est bien coulante, ajoutez-y l'huile, laissez alors le vernis faire un bouillon, puis portez-le sous le robinet de la velte d'essence, *éteignez-le* de suite le plus chaud possible, vous perdrez sans doute beaucoup d'essence en vapeurs, mais vous la dépouillerez ainsi d'une bonne partie de l'eau qu'elle peut contenir; enfin, et tout aussitôt que vous y aurez mis toute l'essence nécessaire, sans tarder un instant, reportez le vernis sur le feu, où vous le maintiendrez jusqu'à ce qu'il bouille et qu'il se soit couvert d'écume, vous achèverez ainsi de le dépouiller de l'eau ou des matières nuisibles qu'il pourrait contenir encore; passez-le au tamis dans le refroidissoir, où, pour les mêmes raisons que celles rapportées alors que nous parlions des vernis à l'essence, vous le laisserez en repos se refroidir à l'air libre, et, grâce à toutes ces précautions, l'expérience l'a démontré, le vernis au copal demi-dur est aussi stable que celui au copal dur, et, comme lui, il ne fera que se bonifier par le temps.

Travail des vernis gras au copal demi-dur pour les intérieurs. — Deuxième méthode

Prenez :	Copal demi-dur.	4ᵏ
	Huile de lin préparée et chauffée à 180 degrés. . . .	0ᵏ,500 à 1ᵏ
	Essence de térébenthine. . .	10 à 13ᵏ,50

Nous venons à l'instant de signaler les graves inconvénients qu'il y aurait à laisser le copal demi-dur languir sur le feu, se prendre en masse (faire *perruque*, en un mot), vu qu'il deviendrait impossible alors, en suivant la méthode de traitement ci-dessus décrite, d'en faire un bon vernis, aussi bon, s'entend, qu'on puisse le faire avec cette résine, qui ne vaut pas à beaucoup près le copal dur, comme chacun le sait. Dans le nouveau mode de traitement que nous allons indiquer il s'agit au contraire de faire perruque, mais perruque le plus complétement possible; c'est en cela seul que gît le plus ou moins de succès de l'opération, car le vernis résultant *boira* d'autant plus d'essence, et sera d'autant moins coloré, que vous aurez mieux réussi à compléter l'accident.

Le vernis que vous obtiendrez par ce procédé est, sans contredit, le plus mauvais des vernis gras qu'il soit possible d'employer pour les extérieurs, aussi doit-il être entièrement proscrit pour cet usage, mais comme il est incomparablement plus solide que les meilleurs vernis des deuxième et troisième genres, qu'il sèche tout aussi vite que les plus siccatifs d'entre eux, et, qu'en outre, il ne coûte pas cher, nous le recommandons, pour les intérieurs (de préférence aux vernis à l'esprit de vin ou à l'essence), toutes les fois qu'il s'agira de couleurs autres que les blancs purs ou les blancs veinés, ou d'appartements qu'on veut habiter immédiatement après qu'ils auront été vernis.

Manière d'opérer. Ayez un fourneau bien allumé, avec un feu violent, et qui ne manquera pas jusqu'à la fin de l'opération, et un autre fourneau avec un feu médiocre, sur lequel vous placerez d'abord votre résine afin de la faire languir, de la transformer en perruque. Lorsque votre résine est bien prise en masse, qu'elle est également mollasse dans toutes ses parties, qu'elle se tire bien en fils déliés comme des cheveux, que les morceaux restés entiers sont bien ramollis; en un mot, lorsque la perruque est complète et qu'il vous est impossible d'en arracher la spatule, versez-y alors votre huile, et tout aussitôt que vous l'aurez mélangée le mieux possible, enlevez votre matras du feu médiocre, et transportez-le sur votre fourneau au feu vif et même violent, car il s'agit alors de faire fondre la résine dans l'huile bouillante le plus rapidement possible; il ne faut donc plus remuer les matières, cela retarderait le moment de leur fusion.

Bientôt vous pourrez enlever votre spatule, et, si vous l'avez retirée vivement jusqu'aux bords supérieurs du matras, vous en verrez découler des gouttes d'huile et de copal mélangées, peu à peu la masse résineuse diminuera de volume; enfin lorsque vous la sentirez presque entièrement fondue, qu'il n'y restera plus qu'un petit noyau, retirez le matras du feu, posez-le sur une planchette, laissez-le en repos un moment, et, lorsque le petit noyau non fondu que vous y avez laissé aura disparu, portez votre vernis sous le robinet à l'essence, agitez-le fortement pour l'empêcher de sortir en écume du matras, ce qui ne manquerait pas d'arriver (vu que sa température est bien au-delà de 316 degrés, température à laquelle il est impossible d'empêcher l'huile de se répandre en mousse); au moyen de l'essence que vous y ferez couler et de l'agitation que vous maintiendrez rapide, sans toutefois descendre l'extrémité inférieure de la spatule au-delà du goulot du matras, car c'est cette partie qu'il faut principalement aérer, l'effervescence se calmera; l'essence continuant à couler par filet, ne cessez pas de remuer le vernis, tâtez s'il ne tend pas à se remettre en masse, et s'il se maintient bien limpide; pour peu qu'il louchisse, fermez le robinet, reportez le matras sur le feu où vous le laisserez jusqu'à ce que le vernis, bien fluide, soit redevenu bien transparent sur le verre, remettez-le alors sous le robinet, que vous ouvrirez, et ne cessez jamais un instant de bien agiter le vernis. Lorsque vous y aurez ajouté la moitié de la dose d'essence, fermez de nouveau le robinet, et reportez encore le vernis sur le feu pour le réchauffer; pendant ce temps, versez le restant de votre essence dans un petit matras étamé que vous aurez tout exprès pour cela, et faites-la chauffer sur l'autre fourneau, et lorsque le vernis sera bouillant et parfaitement limpide sur la vitre, tirez-le du feu, et ajoutez-y peu à peu, et toujours en le mélangeant, le restant de la dose d'essence chauffée; cela fait, reportez une dernière fois le vernis sur le feu, laissez-lui jeter un bouillon, et, lorsqu'il sera couvert d'écume, enlevez-le du fourneau et passez-le au tamis dans le refroidissoir.

Remarque. La théorie de cette deuxième méthode repose sur ce que le copal étant soluble dans l'huile bouillante, le devient plus facilement et plus rapidement, si on l'a préalablement ramolli au feu avant d'y ajouter l'huile bouillante qui doit le dissoudre; or, transformer son copal en une masse flexible, qui se tire bien en filets, où tous les morceaux ont perdu leur dureté naturelle pour devenir mollasses, former enfin du tout une espèce de pâte épaisse, *faire perruque*, en un mot, ce n'est, après tout, que ramollir sa résine avant d'y mettre l'huile bouillante.

Travail des vernis gras de copal tendre (résine de dammar friable).

Prenez :	Copal tendre.	4ᵏ
	Huile de lin préparée. . . .	0,500 à 1ᵏ
	Essence de térébenthine . .	5 à 6ᵏ

Manière d'opérer. Cette résine fond très facilement à feu nu; laissez-la bien cuire; le moment d'y ajouter l'huile, chauffée à 120 degrés environ, étant venu (chose que l'expérience seule peut vous apprendre), ver-

sez l'huile, mêlez, laissez jeter quelques bouillons, voyez si vous avez mis trop ou trop peu d'huile (nous avons dit comment on s'en assurait); si le mélange est bien fait, retirez alors le matras du feu, mettez-le à consistance au moyen de l'essence de térébenthine, que vous aurez portée jusqu'à son degré d'ébullition, sans quoi vous feriez louche, vous feriez une *galette*, en terme de métier; immédiatement après y avoir mis l'essence, vous devez reporter le vernis sur le feu et l'y faire bouillir pour rendre sa décomposition impossible.

Travail des vernis gras au karabé ou succin. — Première méthode. Méthode *Watin*.

Prenez : Karabé. . . 4^k;
Huile siccative. 1, 2, 3, 4 et même 6^k;
Essence de térébenthine quantité suffisante;

que vous traiterez absolument comme le copal dur. Il faut quelque habitude pour bien réussir ce vernis.

Nous prévenons seulement que si l'on y met plus de 2 kilos d'huile, on doit se servir d'une huile très siccative, sans quoi le vernis sèchera mal.

Deuxième méthode. Méthode *Allemande*.

Manière de préparer le succin. Mettez le succin, pilé et tamisé, dans une casserole en fonte, de manière à en couvrir le fond, qui doit être plat, et tenez cette casserole sur le feu jusqu'à ce que le succin soit fondu et bien liquide; versez-le alors sur une plaque de fonte, afin de le refroidir subitement, cassez-le en petits morceaux : si sa cassure est de moitié moins brillante qu'avant sa fusion il est bon à être employé; il est essentiel qu'il ne soit ni trop ni trop peu brûlé. Le karabé, dans l'opération que nous venons d'indiquer, doit perdre la moitié de son poids; on doit avoir soin d'écumer pendant la fusion; ces écumes servent à faire des vernis de basse qualité.

Manière de préparer l'huile de lin.

Prenez : Litharge pulvérisée et tamisée. 0^k,500
Sulfate de zinc en poudre. . . 0^k,125
Huile de lin. . . . . 1 litre.

Mettez toutes ces substances dans un vase, qui ne soit rempli qu'à moitié, portez-les sur un feu où vous les ferez bouillir jusqu'à ce que toute l'humidité soit évaporée, ce que vous reconnaîtrez à une pellicule qui se forme sur le mélange (que vous remuerez de temps en temps, mais non constamment, de peur que la litharge ne se combine à l'huile et ne l'épaississe); tirez alors à clair en ayant soin de ne pas y mêler la partie épaisse.

Manière de faire le vernis.

Mettez dans une casserole en fonte :
1 partie de karabé rôti;
3 parties de l'huile de lin ci-dessus;

que vous porterez sur un feu lent jusqu'à l'entière dissolution du succin; après quoi vous y ajouterez, en mélangeant constamment, 4 parties d'essence de térébenthine; le vernis étant bien limpide, vous le passerez au tamis, et après qu'il sera refroidi, vous le renfermerez pour l'usage.

Troisième méthode. Méthode *Bompoix*.

Préparation de l'huile de lin. Mettez dans un sachet de toile :

Litharge en poudre, minium et céruse en poudre de chaque. . . . . 1 kil.
que vous suspendrez dans huile de lin. . . 5 kil.

de manière à ce qu'il ne touche pas le fond du vase que vous porterez sur le feu, et que vous ferez bouillir jusqu'à ce que l'huile commence à brunir; retirez alors le sachet et continuez à faire bouillir l'huile, en ajoutant une à une, et les retirant lorsqu'elles sont rissolées,

35 à 40 gousses d'ail; cela fait, fondez dans un autre vase : 2 kil. de succin.

Lorsqu'il est fondu et bien coulant, ajoutez-y :
3 kil. de l'huile ci-dessus.

Faites bouillir le tout pendant deux minutes, retirez le mélange du feu, passez-le au tamis et conservez-le pour l'usage.

Pour se servir de ce vernis, on le délaie dans l'essence et la couleur et l'on sèche au four; il résiste à l'eau bouillante.

FORMULES DE QUELQUES VERNIS SPÉCIAUX.

Vernis gras couleur d'or pour les métaux blancs auxquels on veut donner le ton de l'or, formule de Tingry.

Prenez : Succin d'un seul feu, ou succin préparé par la méthode allemande . . . . . 0^k,40
Gomme laque. . . . . 0^k,40
Huile de lin siccative. . . 0^k,40
Essence de térébenthine. . . 0^k,80

Liquéfiez séparément la gomme laque, ajoutez-y le succin en poudre, l'huile de lin et l'essence très chaudes; lorsque le mélange est bien opéré, retirez du feu, et après que la plus grande chaleur est passée, on y verse, en proportions relatives, des teintures à l'essence de rocou, terre mérite, gomme gutte et de sang-dragon.

Mordant à l'or.

Chaque doreur a sa recette particulière; pour nous, nous croyons que le meilleur des mordants, c'est une huile grasse siccative au maximum, dans laquelle on ajoutera soit un peu de vernis de copal dur, soit un peu de térébenthine fine, pour lui donner plus de corps et l'empêcher de couler.

Tingry recommande la formule suivante :

Prenez : Huile de lin siccative. . . . 10 parties.
Térébenthine de Venise. . . 5
Jaune de Naples. 3

On fait fondre la térébenthine dans l'huile, puis on y mélange le jaune de Naples en poudre extrà-fine; on peut substituer la litharge au jaune de Naples.

Vernis noir pour métaux, tels que plateaux de cabaret, peignes, etc., à sécher au four.

Prenez : Copal demi-dur. . . . . 0^k,120
Bitume de Judée naturel. . . 0^k,050
Huile de lin très siccative. . 0^k,120
Essence de térébenthine. . . 0^k,240

Fondez le copal seul, puis ajoutez le bitume en menus morceaux, puis l'huile, enfin l'essence.

Vernis japon pour équipages, etc.

Prenez : Copal dur. . . . . 3^k
Bitume cuit pendant deux jours (1). . . . . 1^k à 1^k,25
Huile très siccative. . . . 2 à 3
Essence de térébenthine. . 6^k,75

que vous traiterez comme il vient d'être dit.

On pourrait faire ce vernis avec du karabé : il serait plus solide, mais moins brillant.

Vernis au caoutchouc.

Prenez : Huile de lin siccative;
Caoutchouc coupé menu.

Portez l'huile sur le feu dans une casserolle en fer battu, trois fois plus spacieuse qu'il n'est nécessaire

(1) On fond le bitume de Judée et on le fait bouillir à petit feu pendant deux jours en le remuant sans cesse pour faciliter l'évaporation de la partie volatile qu'il contient et concentrer ainsi sa couleur qui passe du marron clair au marron noir; voilà ce que nous appelons bitume cuit pendant deux jours.

pour contenir la quantité d'huile ci-dessus; faites-la chauffer vivement jusqu'à ce qu'elle fume beaucoup et vous paraisse prête à s'enflammer; jetez-y alors un petit morceau de caoutchouc; si l'huile est assez chaude, il sera dissous de suite; vous pouvez alors y ajouter par portions le restant du caoutchouc; agitez le tout avec une tige en fer pour favoriser le mélange des parties dissoutes avec l'huile, et retirez la casserole du feu après l'incorporation complète des substances.

Ce vernis devient fort épais quand il est refroidi : pour s'en servir, on le chauffe et on l'étend sur la toile, avec un couteau, le plus également possible; il forme un bon enduit, parfaitement imperméable à l'eau, et dure très longtemps.

Le vernis de caoutchouc de Tingry ne sèche que très difficilement, celui-ci sèche au contraire très bien, surtout si on emploie une huile bien siccative.

TRIPIER-DEVEAUX.

M. Violette a reconnu que le copal devenait soluble quand il avait été chauffé à 300° sous pression de 10 à 12 atmosphères. Il se dissout alors facilement à 100° (et par suite sans perte) dans le mélange convenable d'huile et d'essence.

VERRE (*angl.* glas, *all.* glass). On donne le nom de *verre*, dans l'acception la plus générale de ce mot, à tout corps transparent, ou du moins translucide, qui est aigre, cassant et sonore aux températures ordinaires, devient mou et ductile, puis se fond à une température élevée, et dont enfin la cassure à froid présente un éclat particulier bien défini, connu sous le nom d'éclat vitreux, de cassure vitreuse. En industrie, on restreint cette dénomination de verre aux composés de silice, de potasse ou de soude, et de chaux ou d'oxyde de plomb, seuls ou mélangés, donnant par la fusion une masse amorphe et transparente qui ne se dissout ni dans l'eau, ni dans aucun acide, l'acide hydro-fluorique excepté, lorsque le verre est de bonne qualité.

D'après Pline, la découverte du verre serait due à des voyageurs phéniciens, qui s'étant par hasard servis de natron pour construire un foyer sur le sable du désert, trouvèrent dans le foyer une combinaison fondue de silicate de soude; mais il est impossible d'admettre ce fait, qui suppose une température beaucoup plus élevée qu'elle ne pouvait l'être en pareil cas. Il est plutôt probable qu'elle est une suite des recherches de traitement des métaux par fusion, les gangues en se liquéfiant donnant des laitiers qui sont souvent de véritables verres. Toujours est-il certain que cette découverte est très ancienne, car il en est parlé dans l'Ecriture sainte : 1° dans le livre de Job, ch. XXVIII, vers. 17, et 2° dans le livre des Proverbes, ch. XXIII, vers. 31.

Théophraste, l'an 370 avant Jésus-Christ, cite des verreries phéniciennes situées à l'embouchure du fleuve Bélus. Les Egyptiens connaissaient aussi dès l'antiquité la plus reculée l'art de fabriquer les verres blancs et colorés, de les tailler et de les dorer, ainsi que le prouvent les parures en verre que l'on a trouvées sur plusieurs momies venant des catacombes de Thèbes et de Memphis.

Les Romains connaissaient le verre plus de deux siècles av. J.-C.; cependant ce ne fut que sous Néron que fut établie à Rome la première verrerie, et encore ne produisit-elle d'abord que de méchants verres à boire. Sous Alexandre Sévère, l'an 210 après J.-C., le nombre des verriers s'était tellement augmenté à Rome, qu'on crut devoir les consigner dans un quartier de la ville séparé.

Au moyen âge, Venise se distingua par ses verreries, qui furent reléguées, en 1291, à deux lieues de la ville, dans la presqu'île de Murano. C'est, dit-on, dans cet endroit que l'on fabriqua les premières glaces soufflées.

C'est aussi dans le moyen âge que la fabrication du verre s'introduisit en Bohême et y acquit, grâce à l'extrême pureté des matières premières, que l'on rencontre en abondance dans ce pays, une supériorité et une réputation qui se sont soutenues jusqu'à nos jours.

Nous indiquerons plus tard la composition des diverses espèces de verres en parlant de chacune d'elles, et auparavant nous allons dire quelques mots des *propriétés générales* du verre.

La transparence et la blancheur sont les premières qualités du verre; pour les obtenir, il faut employer des matières premières extrêmement pures, et ajouter le moins de fondants possible.

Un excès de potasse donne au verre une teinte verdâtre, la soude et ses sels lui donnent une teinte jaunâtre, et l'excès de chaux le rend laiteux. Une très faible quantité de sulfate de potasse ou de soude lui donne une couleur vert-brun jaunâtre ou noirâtre. Le fer le colore fortement en vert bouteille, et le manganèse, employé en excès pour enlever la coloration due à l'oxyde de fer, lui donne une teinte bleue, qui devient d'un violet prononcé par l'action de la lumière solaire.

Si le minium employé dans la fabrication des cristaux renferme un peu d'oxyde de cuivre, ce qui arrive très souvent, le cristal prend une légère teinte vert d'émeraude.

Le charbon colore les verres en jaune topaze plus ou moins foncé, allant même jusqu'au pourpre; aussi, il est impossible d'obtenir un verre parfaitement blanc dans les fours qui fument, ainsi que dans ceux que l'on chauffe avec de la tourbe, du lignite ou de la houille; dans ce cas, pour obtenir des verres blancs, il faut employer des creusets couverts ou cornues, comme dans les cristalleries où l'on est amené à la même solution par la nécessité de soustraire le silicate de plomb au contact d'une flamme ou fumée réductrice. Il faut aussi avoir soin, en vertu de ce pouvoir colorant du charbon, lorsqu'on remplace dans la fabrication du verre les carbonates alcalins par le sulfate de soude, d'ajouter dans les creusets un peu moins de charbon (seulement 1/13 à 1/15 du poids du sulfate) qu'il n'en faudrait pour réduire complétement le sulfate, et encore n'obtient-on en général par ce procédé que des verres communs, parce que le léger excès de sulfate de soude que l'on y laisse, bien qu'on en retire la majeure partie par l'écumage, leur donne presque toujours une teinte brun-noirâtre plus ou moins prononcée.

Le verre est parfaitement élastique entre certaines limites, et en général très sonore.

Les verres non plombeux et surtout les verres de Bohême sont assez durs, lorsqu'ils sont bien fabriqués, pour faire feu sous le briquet et pour ne se laisser que très difficilement rayer par une pointe d'acier. Les verres plombeux, au contraire, ont peu de dureté, et d'autant moins qu'ils contiennent plus d'oxyde de plomb; aussi perdent-ils promptement leur éclat par l'usage.

Tous les verres sont plus ou moins fusibles; lorsqu'ils sont ramollis par l'action de la chaleur, ils se travaillent avec la plus grande facilité, et peuvent se tirer en fils aussi fins que ceux d'un cocon de ver à soie.

Les verres à base de soude sont plus fusibles et plus durs que ceux à base de potasse. Le verre, lorsqu'il est soumis à un refroidissement rapide, devient très fragile et présente divers phénomènes, qu'on a comparés à tort à la trempe de l'acier, et parmi lesquels nous citerons pour exemple les *larmes bataviques* et les *flacons de Bologne*. Les larmes bataviques sont des gouttes de verre fondu que l'on refroidit brusquement en les laissant tomber dans l'eau, et qui ont la forme d'un ovoïde allongé en une queue qui se termine en pointe très effilée; lorsqu'on vient à casser le bout de la queue, toute la masse se réduit en poussière avec une légère détona-

tion. Les flacons de Bologne sont de petits flacons refroidis brusquement, et qui volent en éclats lorsqu'on agite dans l'intérieur un fragment de pierre susceptible de le rayer. Dans ces deux cas, les molécules intérieures sont dans un état d'équilibre forcé, maintenu seulement par la solidarité de celles qui sont à la surface, et qui se trouve détruit dès l'instant où l'on produit une solution de continuité quelconque dans l'enveloppe.

On diminue l'extrême fragilité du verre en soumettant les objets fabriqués à un *recuit*, c'est-à-dire à un refroidissement plus ou moins lent. Les verres supportent d'autant mieux les variations de température qu'ils ont été refroidis plus lentement; aussi peut on, lorsqu'ils ont été peu ou pas recuits, diminuer considérablement leur fragilité en les faisant recuire dans de l'eau, ou mieux dans de l'huile bouillante que l'on laisse ensuite refroidir lentement.

Tous les verres exposés pendant un temps plus ou moins long à une température assez élevée, quoique trop faible pour les fondre, perdent leur transparence, et deviennent extrêmement durs, moins fusibles et beaucoup moins fragiles qu'auparavant; ils perdent alors en général une partie de leur alcali, et se transforment presque en véritable grès-cérames fins; il se passe alors un phénomène tout à fait analogue à celui que nous voyons se produire journellement par suite d'un refroidissement lent dans les laitiers de nos hauts-fourneaux, et surtout dans les laves volcaniques. Les verres communs, et surtout les verres à bouteilles, se dévitrifient beaucoup plus facilement que les verres à base de potasse et de chaux, et les verres plombeux.

Quand le verre n'a point été recuit, on le coupe très facilement en lui faisant éprouver un changement de température un peu brusque; les verriers se servent à chaque instant de cette propriété pour détacher de la canne les vases qu'ils façonnent, pour ouvrir les manchons de verre à vitres, etc. Lorsque le verre a été recuit, on le coupe avec un diamant à arêtes curvilignes.

La densité des verres varie avec leur composition, comme l'indiquent les nombres suivants :

Ancien verre de Bohême (Dumas). .	2,396
Verre à vitre de Bohême.	2,642
Verres fins dits cristaux de Bohême.	2,892
Verre à bouteilles.	2,732
Crownglas (verre d'optique). . .	2,487
Glaces coulées de Saint-Gobain. . .	2,488
Glaces soufflées de Cherbourg. . .	2,506
Glaces soufflées de Neuhaus (1830)..	2,564
Flintglas (verre d'optique). . . .	2,3 à 2,6
Cristal ordinaire à base de plomb. .	2,9 à 3,3

Plus un verre est dur et infusible, moins il est altérable par l'action des agents atmosphériques et chimiques, l'acide hydrofluorique excepté. Les verres trop alcalins attirent peu à peu l'humidité de l'air, en perdant leur éclat et leur poli. Beaucoup de verres se laissent notablement attaquer par une ébullition prolongée avec de l'eau, et, *à fortiori*, par les dissolutions alcalines et acides; ainsi, il n'est pas rare de voir des verres à bouteille attaqués par le tartre qui se trouve dans le vin. En général, on peut dire que tous les verres qui se laissent sensiblement attaquer, ou perdent leur poli par une ébullition prolongée avec des dissolutions concentrées d'alun, de sel marin, d'acide sulfurique ou de potasse, sont de mauvaise qualité. C'est faute d'avoir essayé leurs bouteilles, par l'un des procédés ci-dessus, que nombre de personnes perdent journellement des quantités de vins considérables.

Choix et préparation des matières premières.

Matières siliceuses. Pour les verres fins dits cristaux de Bohême, on se sert de quarz pur que l'on chauffe dans des fours à réverbère, que l'on étonne ensuite en le jetant tout rouge dans de l'eau froide, et que l'on bocarde à sec. En Angleterre, on se sert, pour la fabrication du cristal, de silex de la craie étonnés et pulvérisés. En France, on emploie généralement des sables siliceux aussi exempts de fer que possible. Pour les verres communs, on se sert de sables moins purs, et pour les verres à bouteilles, on se sert de sable ordinaire et même de roches feldspathiques, ou de laves volcaniques

Potasse. Presque tous les verres de Venise et de Bohême sont à base de potasse. La potasse du commerce vient en grande partie de Hongrie, de Russie ou d'Amérique. On la purifie en la traitant à froid par son poids d'eau, décantant, évaporant à siccité la liqueur décantée, et calcinant la potasse obtenue assez fortement pour la fritter. Enfin, pour la fabrication des verres fins, on purifie la potasse précédente en la traitant de nouveau comme il vient d'être dit, mais seulement avec la moitié de son poids d'eau; les sulfates et chlorures qui pouvaient encore s'y trouver, étant moins solubles que le carbonate, restent sans se dissoudre. Un essai alcalimétrique donne le titre de cette potasse, mais il n'indique nullement la nature et la proportion des matières étrangères nuisibles qu'il peut contenir; il faut, lorsqu'on tient à faire de beaux verres, et que l'on veut déterminer la valeur réelle d'une potasse, remplacer, dans l'un des pots où l'on fait du verre fin, la potasse ordinairement employée, par son poids de la potasse à essayer, et comparer les objets fabriqués avec le verre obtenu, avec des verres titrés, préparés une fois pour toutes, en faisant varier la qualité et la quantité de l'alcali.

Soude. En France et en Angleterre, bien que la soude et ses sels donnent au verre une teinte jaunâtre très sensible, on les emploie presque exclusivement à cause de leur bas prix relatif. Les verriers se servent surtout de la soude artificielle préparée par le procédé Leblanc.

Sulfate de soude. Depuis quelques années, on emploie beaucoup en France le sulfate de soude pour la fabrication du verre à vitre et du verre à bouteilles, en place du carbonate de soude qui est d'un prix notablement plus élevé. Il faut y ajouter 1/13 de son poids de charbons afin de faciliter sa réduction en présence de la chaux et de la silice.

Sel marin. On a aussi quelquefois essayé de remplacer le carbonate et le sulfate de soude par du sel marin; il n'est pas douteux que cette substitution, qui n'a pas encore été suffisamment étudiée, finira par être plus tard adoptée pour la fabrication des verres communs.

Chaux. En Bohême on se sert de chaux obtenue par la calcination d'un calcaire saccharoïde blanc extrêmement pur. Dans les autres pays, on se sert également de chaux très pures et aussi exemptes que possible de fer, excepté pour les verres à bouteilles. Quelquefois, mais rarement, et seulement pour les verres communs, on remplace la chaux par de la craie ou une autre variété de carbonate de chaux; on emploie aussi avec beaucoup d'avantages la chaux qui a servi à préparer des bains alcalins caustiques, parce que cette chaux retient toujours une certaine proportion d'alcali, ce qui réduit d'autant celle à ajouter au mélange.

Alumine. Dans les verres à bouteilles, où l'on cherche à diminuer le prix de revient en réduisant la proportion d'alcali employée, il est nécessaire d'augmenter la fusibilité du mélange, en y introduisant un plus grand nombre de bases, principalement de l'alumine, soit à l'état d'argile, soit à l'état de cendres végétales.

Baryte. On sait que la baryte est un excellent fondant, aussi obtient-on, avec un mélange de silice, de baryte et d'alcali, de très beaux verres qui se travaillent facilement, et qui ont un éclat bien supérieur aux

verres non plombeux à base de chaux; ils ne le cèdent que très-peu sous ce rapport aux cristaux plombifères dont ils n'offrent pas les inconvénients; aussi il n'est pas douteux que la fabrication des verres à base de baryte serait très-répandue si cette matière était plus commune. On peut la remplacer par le sulfate de baryte, qui se trouve en certaine abondance, sous la forme de filons, dans certaines localités, en y ajoutant une quantité de charbon un peu moindre que celle qui serait nécessaire pour transformer tout l'acide sulfurique du sulfate en acide sulfureux.

Oxyde de plomb. L'oxyde de plomb forme la base des cristaux ordinaires; on l'emploie toujours à un état d'oxydation supérieur, c'est-à-dire à l'état de minium. Il est essentiel qu'il ne renferme pas de cuivre, la moindre trace de ce métal colorant fortement le verre; il faut aussi qu'il ne soit pas argentifère, l'argent ayant un pouvoir colorant jaune fort intense.

Peroxyde de manganèse. Le peroxyde de manganèse sert à détruire la couleur vert-bouteille du verre coloré par un peu de protoxyde de fer, aussi est-il connu sous le nom de *savon des verriers*.

Arsenic. L'arsenic, à l'état d'acide arsénieux, est très-employé en Bohême:

1° Pour détruire la teinte verdâtre due à des traces de protoxyde de fer qu'il fait passer à l'état de peroxyde;

2° Pour détruire la teinte jaune que prend le verre si le four fume, ou si le bois en pétillant y lance quelques escarbilles de charbon;

3° Pour agiter enfin, en se volatilisant (cette volatilisation est complète, du moins l'analyse n'en indique plus de traces dans le verre), la matière fondue, et à favoriser le dégagement des bulles, c'est-à-dire à accélérer l'affinage du verre.

Nitrates de potasse et de soude. Les nitrates de potasse et de soude sont employés dans quelques usines concurremment avec l'acide arsénieux pour produire les mêmes effets. On s'en sert aussi dans la fabrication de certains verres colorés.

Calcin, débris de travail, etc. Les débris du travail même, les vieux verres cassés, le verre qui s'écoule sur la sole du four par suite d'accidents arrivés aux pots de verrerie, etc., sont concassés, lavés et classés d'après leur nature, leur couleur et leur pureté, et ordinairement employés dans la fabrication des verres communs. Les débris du travail des verres fins sont seuls employés à la fabrication des verres blancs de gobeleterie.

Combustibles. Dans les verreries d'Allemagne et des bords du Rhin, on chauffe les fours avec du bois. Quelquefois ce bois est seulement séché à l'air libre; mais, le plus souvent, on achève de le dessécher, et avant de l'employer, à l'aide de la chaleur perdue des fours de fusion ou des fours à recuire. La conduite du feu devient beaucoup plus facile.

En France, en Belgique et en Angleterre, les fours de verreries ont été presque tous chauffés à la houille jusque dans ces derniers temps. L'introduction des fours Siemens (voy. COMBUSTION) est venue modifier, de la manière la plus heureuse, les dépenses de chauffage et le mode d'opérer.

Fours et creusets employés dans les verreries.

Fours. Les fours employés dans les verreries sont de formes très-variées; nous les décrirons avec détail en leur lieu, et nous n'en dirons ici que quelques mots. Ces fours sont de diverses espèces, selon l'usage auquel ils sont destinés; nous distinguerons les suivants:

Les *fours de fusion*, qui sont de forme ronde, elliptique ou rectangulaire; dans tous les cas, il règne sur la totalité ou seulement une partie du pourtour une banquette sur laquelle on place les pots; dans la voûte, au-dessus des pots et vis-à-vis de chacun d'eux, sont ménagées des ouvertures ou embrasures de travail par lesquelles on *cueille* le verre pour le travailler, on réchauffe les objets ébauchés, etc. Lorsqu'on opère dans des creusets fermés, le col des creusets vient remplir cette embrasure;

Les *fours à fritter* les matières premières et *à recuire* les objets fabriqués, qui sont des fours à réverbère chauffés tantôt à flammes perdues, tantôt par un foyer particulier, et qui sont continus ou discontinus.

Enfin les *fours à étendre* les manchons de verre pour la fabrication du verre à vitres.

Creusets. Les creusets ou pots dans lesquels on opère la fusion et l'affinage du verre se font à la main, avec ou sans moule extérieur, avec un mélange d'argile réfractaire crue et de quartz ou d'argile cuite, ou enfin de débris d'anciens pots de verrerie concassés et triés, finement pulvérisés, et marchés, pour le rendre plus intime.

La confection des creusets est peut-être la chose la plus importante d'une verrerie, et souvent de leur durée dépend la réussite commerciale de l'usine; on ne saurait donc apporter trop de soins tant à leur fabrication qu'au choix et au mélange des argiles et ciments. Les creusets sont d'abord séchés à l'air libre, puis souvent à l'étuve, et enfin ils sont cuits tantôt dans un four à recuire particulier, tantôt à flammes perdues. Lorsqu'un creuset est fêlé ou percé, dans le courant de la campagne, on le retire quelquefois par une des embrasures qui a reçu, à cet effet, des dimensions suffisantes et plus considérables que celles des autres embrasures de travail, et on le remplace par un creuset neuf préalablement porté au rouge blanc, que l'on introduit par la même embrasure. Le plus souvent on opère le remplacement des creusets en détruisant le petit mur qui forme la paroi contigüe du four ou qui ferme une ouverture *ad hoc*.

Comme nous l'avons dit en commençant cet article, on se sert, suivant les cas, de creusets ouverts ou de creusets couverts; ces derniers sont de véritables cornues à col très-court.

Des diverses espèces de verres et de leur fabrication.

VERRE SOLUBLE DE FUCHS. Ce verre se prépare en fondant dans un creuset réfractaire un mélange de 10 parties de potasse du commerce purifiée et frittée, 15 parties de quartz finement pulvérisé, et 1 partie de charbon, et laissant le mélange sur le feu jusqu'à ce que le verre soit parfaitement fondu. On coule alors le verre obtenu, on le pulvérise et on le traite par 4 à 5 fois son poids d'eau bouillante. On obtient ainsi une solution qui, appliquée sur d'autres corps, sèche rapidement au contact de l'air, en laissant un enduit vitreux sensiblement inaltérable par l'humidité et l'acide carbonique. On s'est servi avec avantage du verre soluble pour préserver contre l'incendie des bois, des toiles, des décors de spectacles etc. C'est aussi un excellent ciment pour recoller les objets en verre ou en porcelaine qui ne sont pas destinés à renfermer de l'eau bouillante. M. Kuhlmann a fait depuis 1841 une heureuse application du verre soluble au durcissement des pierres tendres, à leur silicatisation (Voy. PIERRES).

VERRE A BOUTEILLES. Dans la fabrication du verre à bouteilles, on doit surtout se préoccuper d'abaisser le prix de revient; on y parvient en formant des silicates à un grand nombre de bases qui, étant plus fusibles, toutes choses égales d'ailleurs, que ceux à bases de chaux et d'alcali seulement, permettent de réduire notablement la proportion d'alcali à employer. Si la potasse était moins chère, on arriverait également à réduire la proportion d'alcali, en remplaçant dans cette fabrication la soude par un mélange de soude et de potasse. En général, et toujours dans le

but d'économie, on se sert d'un mélange de sulfate de soude et de charbon au lieu de carbonate de soude. Les matières premières de cette fabrication sont très-variées et déterminées exclusivement par les localités; ainsi ce sont des sables ferrugineux ou non, des argiles, des marnes, de la vase des rivières ou des bords de la mer, de la craie, de la chaux délitée, des cendres végétales brutes ou lessivées, des roches volcaniques telles que des basaltes, des ponces, des laves, du *fiel de verre* (mélange de sulfates et de chlorures alcalins provenant de l'écumage des pots de verrerie dans la fabrication des verres communs), des sulfates de baryte et de soude, du calcin, etc. Il est rare que l'on ait recours à l'analyse pour déterminer les proportions du mélange; on préfère ordinairement faire des essais directs dans de petits creusets que l'on introduit dans le four de fusion.

Malgré cette variété dans les matières premières, les verres à bouteilles sont des silicates multiples dans lesquels la quantité d'oxygène de la silice est toujours à très-peu près les 5/2 de la somme des quantités d'oxygène que renferment les bases.

Voici d'ailleurs, d'après M. Berthier, les analyses de trois verres à bouteilles de bonne qualité ;

	(1)	(2)	(3)
Silice	0,600	0,604	0,596
Chaux	0,223	0,207	0,180
Baryte	»	0,009	»
Soude et potasse . . .	0,031	0,032	0,032
Magnésie	»	0,006	0,070
Alumine.	0,080	0,104	0,068
Oxyde de fer	0,040	0,038	0,044
Oxyde de manganèse. .	0,042	»	0,004
Acide phosphorique . .	0,004	»	»
	0,990	1,000	0,994

(1) Verre de Souvigny, près Moulins (département de l'Allier).

(2) Verre de Saint-Étienne (département de la Loire).

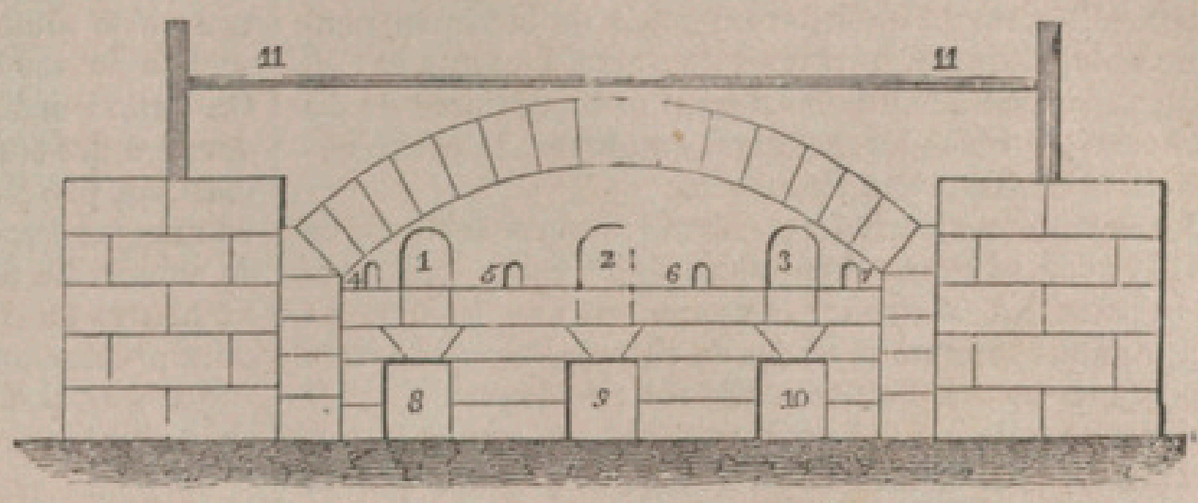
(3) Verre d'Épinal, près d'Autun (département de Saône-et-Loire).

Ces analyses, comparées avec celles des matières premières dont on peut disposer dans chaque localité et avec le prix de ces matières, permettent de déterminer de prime-abord la composition approximative du mélange à employer, sauf l'alcali, dont on doit augmenter la proportion, parce qu'il s'en volatilise de 20 à 25 p. 100 pendant la fusion et l'affinage du verre.

En général, nos verres à bouteilles sont colorés en vert bouteille très-foncé par du protoxyde de fer. Les verres à bouteilles que l'on fabrique sur les bords du Rhin sont, au contraire, fortement colorés en jaune; cette couleur s'obtient assez facilement par quelques tâtonnements au moyen d'un mélange de peroxyde de manganèse et de fer.

Le four de fusion généralement employé en France et en Belgique est représenté en plan et en élévation par les fig. 2536 et 2537. Ce four est rectangulaire et chauffé à la houille; il renferme quatre à dix pots (il y en a six, représentés sur les figures), placés sur deux banquettes disposées latéralement de chaque côté

Fig. 2536.



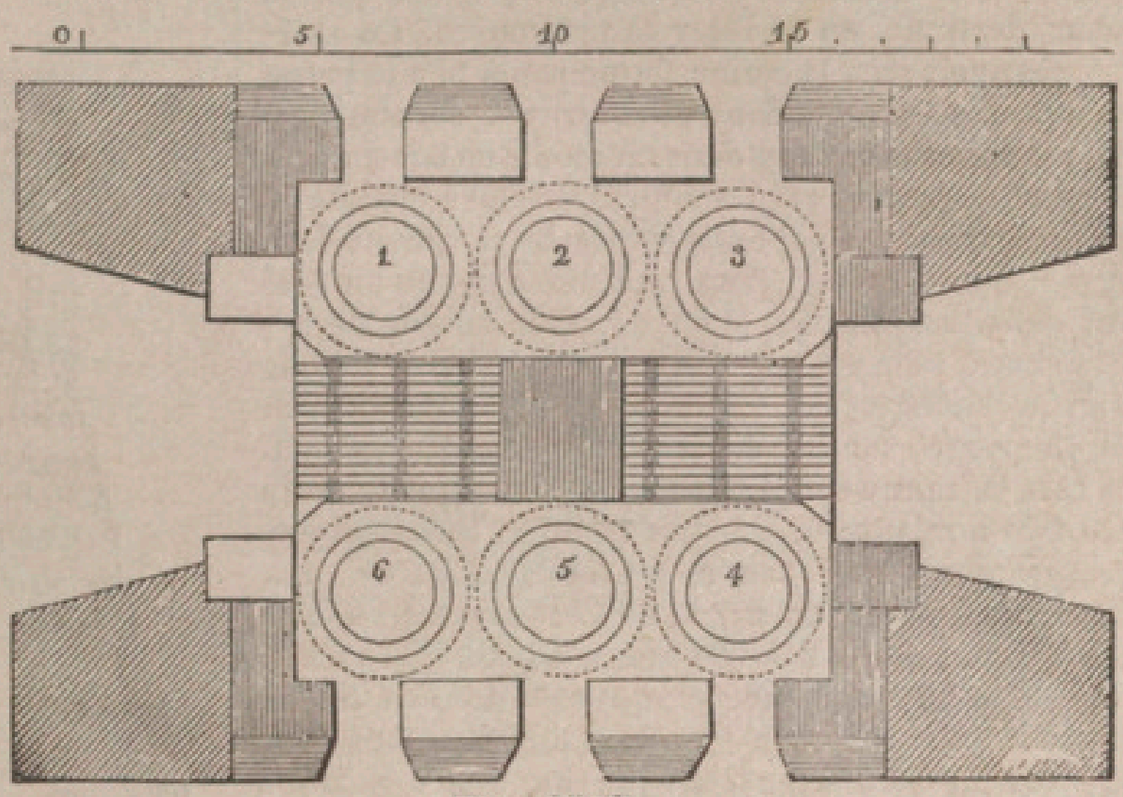


Fig. 2537.

de la grille. Chacune des banquettes et le vide qui existe entre elles ont 0m,90 de large, ce qui fait pour le four une largeur totale de 2m,90; la grille est à 1m,20 en contre-bas des banquettes, et a 0m,30 de large. Les pots ont extérieurement 0m,95 à l'ouverture, 0m,80 à la base et 0m,95 de hauteur; leur épaisseur est de 0m,05 à l'ouverture, et augmente jusqu'à 0m,10 à la base. La voûte a 0m,30 de flèche et est à la clef à 1m,80 au-dessus des banquettes. On retire les pots fêlés et on les remplace par des pots neufs en détruisant l'un des murs 8, 9 et 10, soit en débouchant une embrasure murée placée à l'une des extrémités du fourneau, au-dessus des portes de chargement de la grille. Au-dessus de chaque pot se trouve une embrasure de travail par laquelle on charge les pots, on cueille le verre, etc.

Pour augmenter la charge des creusets, il est d'usage de fritter préalablement les matières premières, isolément ou mélangées, dans des fours desservis par un foyer particulier ou chauffé par les flammes perdues du four de fusion, et de les introduire rouges dans les pots; à mesure que la matière se fond et s'affaisse dans ceux-ci, on en charge de nouvelle.

Dès que les pots sont chargés, on pousse vivement le feu en piquant souvent la grille et en n'y entretenant qu'une épaisseur de houille de 0m,15 environ. Peu à peu le mélange contenu dans les pots entre en fusion, et il commence bientôt à se dégager du milieu de la masse fluide de très-petites bulles gazeuses. On continue à pousser le feu, et, dans quelques usines, on agite de temps en temps la masse fondue avec un morceau de bois, dans le but de faciliter et d'activer le dégagement des bulles gazeuses, qui augmentent peu à peu de grosseur. On juge que l'affinage touche à sa fin lorsqu'il ne se forme plus dans le verre que de rares et grosses bulles; on cesse alors d'agiter le bain, et

on le laisse reposer pendant quelque temps, en ralentissant le feu, de telle sorte que le verre puisse prendre assez de consistance pour se laisser aisément travailler; à cet effet, on charge beaucoup de menue houille et d'escarbilles sur la grille, et on cesse de la piquer pendant toute la durée du travail du verre. La fonte et l'affinage du verre à bouteilles durent ordinairement de 8 à 12 heures, suivant les mélanges employés, la construction et la capacité des fours, etc.

Le verre étant arrivé à consistance convenable, l'aide cueille avec la canne une quantité de verre suffisante et la passe au souffleur: la canne est une tige de fer creuse; nous recommanderons en France l'usage de celle dont on se sert en Bohême: elle est très-légère, a $1^m,50$ de long, pèse de 5 à 6 kilogrammes et est munie à son extrémité d'un manchon en bois de $0^m,30$ à $0^m,35$ de longueur, destiné à en faciliter la manœuvre. Le souffleur, après avoir reçu la canne, forme peu à peu la panse de la bouteille, en soufflant et tournant continuellement; il la termine ensuite dans un moule en continuant à tourner rapidement et à souffler. Il relève ensuite la canne, et, tenant la bouteille verticale et renversé, il enfonce le cul. On fixe alors une autre canne au côté opposé, dans l'enfoncement; on coupe le col, on en arrondit le bord, et on place le cordon simple ou double qui doit le renforcer. On ajoute ensuite, s'il y a lieu, un pontil en verre sur lequel on imprime un cachet. Après cela la canne est transmise à l'aide, qui la porte dans le four à recuire et détache la bouteille au moyen d'un léger choc. En France, on se sert, en général, d'un moule d'une seule pièce; en Allemagne on emploie des moules en bois de deux pièces, que l'on a soin de mouiller intérieurement avant de s'en servir. Le recuit s'opère de deux manières différentes: tantôt le four est préalablement chauffé au rouge sombre, et lorsqu'il est rempli de bouteilles, on ferme toutes les issues et on le laisse refroidir lentement; tantôt il consiste en une longue galerie, dans laquelle la chaleur, au rouge sombre à l'une des extrémités, va en décroissant jusqu'à l'autre bout où elle est presque nulle; on place les objets à recuire dans de petits chariots, que l'on attelle les uns à la suite des autres et que l'on fait avancer peu à peu d'un bout à l'autre de la galerie avec une vitesse qui dépend de la lenteur du refroidissement que l'on veut obtenir. On consomme en France moyennement un hectolitre de charbon de terre pour 35 bouteilles prêtes à être livrées au commerce.

VERRE DE GOBELETERIE COMMUNE. Ce verre destiné à la fabrication des ustensiles de chimie, comme cornues, fioles, matras, etc., des verres ordinaires, etc., a à peu près la même composition que le *verre à vitres*, dont nous parlerons plus loin, et se fabrique dans les mêmes fours.

VERRE A VITRES. Ce verre est en général à base de soude; les analyses suivantes donneront une idée de sa composition habituelle:

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Silice. . . .	0,697	0,685	0,685	0,687	0,693	0,680	0,690
Soude. . .	0,152	0,129	0,137	0,177	0,113	0,101	0,111
Chaux. . .	0,133	0,162	0,078	0,096	0,172	0,143	0,125
Alumine. .	0,018	0,024	0,100	0,040	0,022	0,076	0,074
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

(1), (2) et (3) Verre à vitres moyennement dur, de fabrication française (Dumas).

(4) Verre à vitres peu dur, de fabrication française (Dumas).

(5) et (6) Verre à vitres dur, de fabrication française (Dumas).

(7) Verre à vitres, de fabrication anglaise (Dumas).

Ce verre, selon qu'il est plus ou moins blanc, sert à fabriquer des vitres, globes et autres objets de gobeleterie plus ou moins fins. Les matières premières de sa fabrication sont: le sable siliceux, aussi exempt de fer que possible; la craie ou la chaux grasse éteinte; le carbonate de soude, ou plus généralement un mélange de sulfate de soude et de charbon, et le calcin ou *groisil*. On enlève ordinairement la teinte verdâtre qu'il peut devoir à des traces d'oxyde de fer renfermées dans les matières précitées, en y ajoutant un peu de peroxyde de manganèse, et quelquefois d'arsénic blanc et d'oxyde de cobalt. La fonte et l'affinage du verre durent de 9 à 12 heures dans des fours un peu différents de ceux décrits précédemment.

En Belgique et dans le nord de la France, on se sert avec avantage de creusets ovales A (fig. 2538), placés

Fig. 2538.

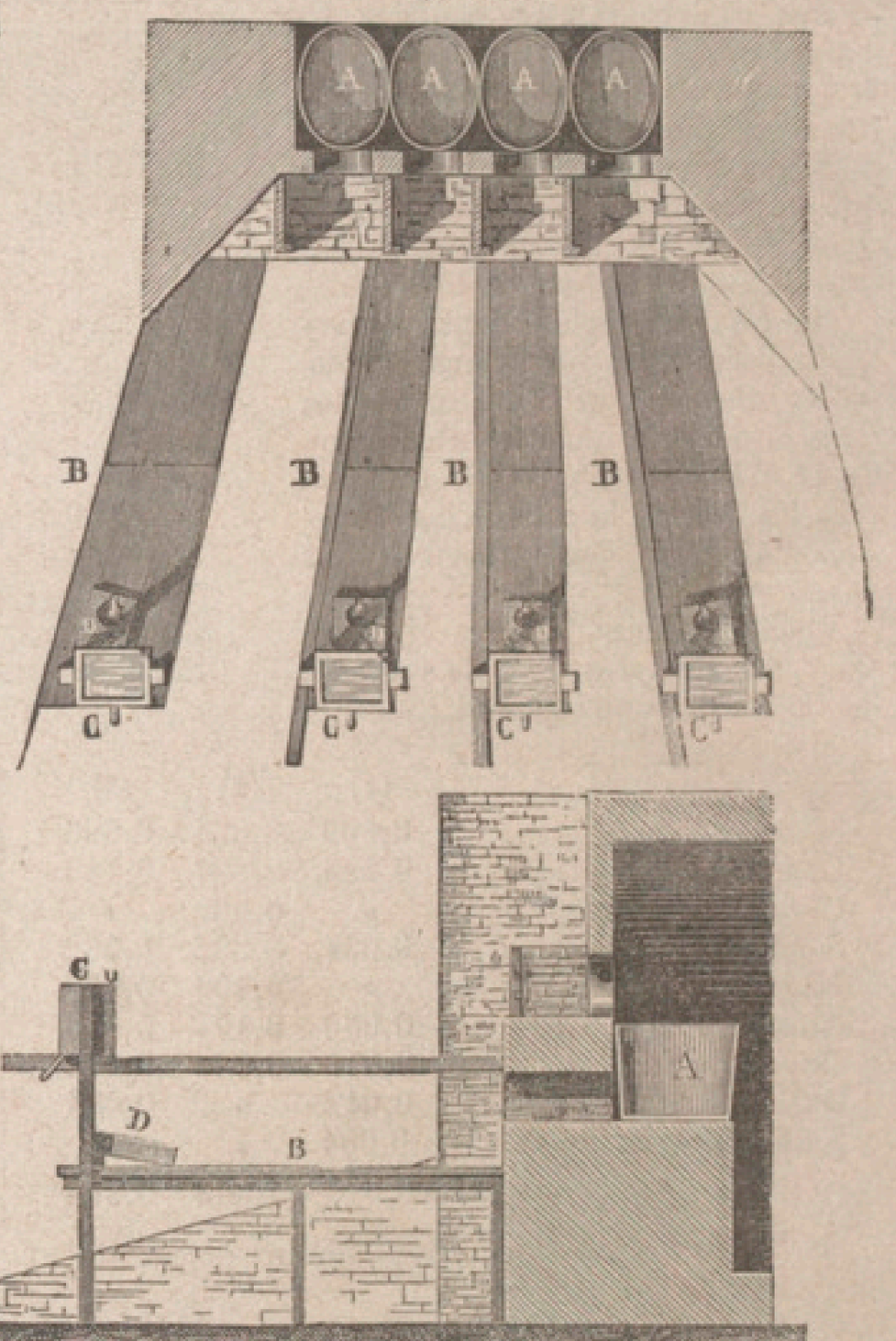


Fig. 2539.

sur les banquettes de manière que leur grand axe soit perpendiculaire à la grille du four; ils occupent ainsi une place moins considérable et permettent d'augmenter le nombre des ouvriers, pour un four d'une grandeur déterminée.

Chaque pot reçoit 600 kilog. de composition. Pour 100 kilog. de verre on consomme 600 kilog. de houille. Devant chaque creuset se trouve un planchet en bois B qui repose sur des pieux en bois ou sur des piliers en fonte ou en pierre; cette estrade se trouve à $2^m,5$ ou 3 mètres au-dessus du sol de la halle.

Le travail du verre à vitres s'exécute de deux manières différentes: l'une, la plus ancienne, abandonnée sur le continent, n'est plus suivie qu'en Angleterre; l'autre est actuellement seule employée en France et en Allemagne.

D'après l'ancien procédé, l'ouvrier cueille au bout de la canne une petite masse de verre, qu'il maintient

en place en tournant continuellement la canne jusqu'à ce que la masse commence à se figer; il cueille alors une nouvelle dose de verre, et ainsi de suite, tant que le bout de la canne n'est pas suffisamment chargé (I, fig. 2540). Dès qu'il a ainsi rassemblé la quantité de verre convenable, l'ouvrier la réchauffe en l'introduisant dans le four par l'embrasure placée au-dessus du pot de verrerie; puis il souffle cette masse et en forme peu à peu une sphère volumineuse (K, L); il réchauffe celle-ci en soutenant la canne sur un crochet en fer qui fait la saillie en dehors, en lui imprimant un mouvement continuel de rotation pour empêcher la pièce de verre de fléchir et de s'affaisser d'un côté ou de l'autre. Il aplatit ensuite le côté opposé au bout de la canne (M), soude une autre canne et coupe le col du sphéroïde vers le bout de la première canne (N). On dilate alors l'ouverture de ce col (O) au moyen d'une planche, qu'un aide introduit dans l'orifice et qu'il appuie contre les parois, tandis que l'ouvrier fait tourner la pièce et produit de la sorte un cône tronqué semblable à une cloche à melons. Il réchauffe ensuite fortement la pièce, puis, plaçant la canne horizontalement sur une barre de fer, il lui imprime un mouvement de rotation très-rapide : en vertu de la force centrifuge la cloche s'étend et s'aplatit de manière à donner une table

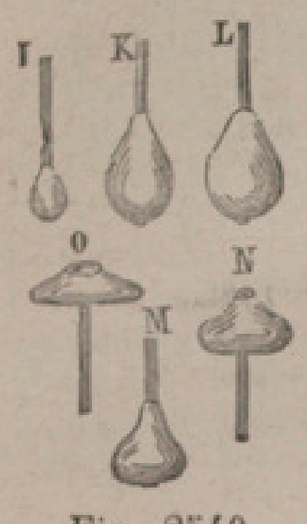


Fig. 2540.

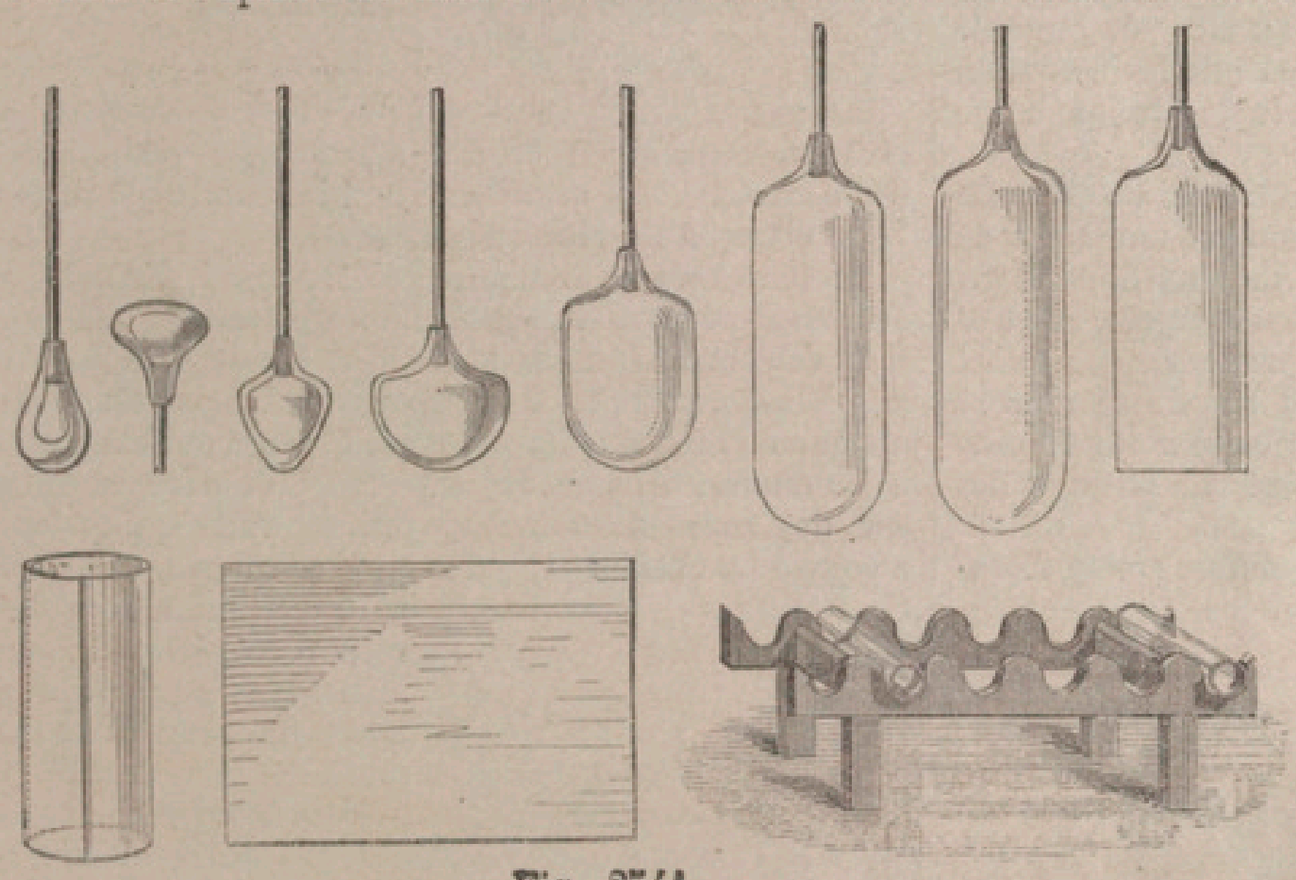


Fig. 2541.

ronde et d'une épaisseur assez égale jusqu'à une certaine distance du centre. Quand l'opération est terminée, l'ouvrier porte la feuille de verre, en continuant de tourner, sur une aire plate en cendres chaudes, l'y dépose horizontalement, et par un léger choc, la détache de la canne; un aide la reprend à l'aide d'une fourche, et la place dans le four à recuire dans une position verticale. Les vitres ainsi préparées offrent au centre un noyau épais d'un effet désagréable; si on fait disparaître ce noyau en le coupant, on n'obtient que des vitres de faibles dimensions, au moins jusque dans ces derniers temps où l'on est parvenu à fabriquer en Angleterre des plateaux de $1^m,72$ de diamètre. Ces vitres jouissent d'un éclat parfait qu'on ne retrouve pas au même degré dans les vitres dont la surface n'est jamais aussi plane, faites par le nouveau procédé, bien préférable d'ailleurs sous tout autre rapport.

Décrivons maintenant le nouveau procédé généralement employé. Après avoir cueilli au bout de sa canne la quantité de verre convenable en raison des dimensions de la feuille qu'il veut fabriquer, l'ouvrier souffle légèrement d'abord, en étirant un peu la masse vitreuse, de manière à lui donner la forme d'une poire; il balance sa canne, puis il la relève de manière à ramasser le verre; il souffle plus fortement, à plusieurs reprises, et lui imprime un mouvement de va-et-vient, comme celui d'un battant de cloche, de manière à allonger la pièce, qui prend une forme cylindrique; il la relève vivement au-dessus de sa tête, puis lui fait subir un mouvement complet et rapide de rotation, dans le but de l'allonger, tout en lui donnant une épaisseur égale dans toutes ses parties.

Quand le cylindre est fait, le souffleur reporte la pièce à l'ouvreau, de manière à en bien ramollir le bout; quand il est suffisamment chaud, il est percé avec une pointe de fer. Par le mouvement de balancement, l'ouverture s'agrandit; on pare la pièce avec une sorte de planche en bois; les bords s'écartent, et la calotte qui terminait le cylindre se trouve effacée. Autrefois on ouvrait le cylindre en appliquant au centre de la calotte du verre très-chaud, puis en fermant avec le doigt l'embouchure de la canne; la dilatation de l'air intérieur, augmentée en chauffant à l'ouvreau l'extrémité du cylindre, faisait éclater le verre dans la partie la plus chaude; avec des ciseaux en fer à long manche, on égalisait le verre de manière à obtenir le cylindre ouvert. Ce mode de procéder entraînait une plus grande perte de verre.

La figure ci-dessous représente les différentes phases de la fabrication des manchons.

Pour les pièces de grande dimension, telles que les cylindres et les globes pour pendules ou autres objets, on emploie souvent un outil auxiliaire qui permet de comprimer vivement une masse d'air suffisante pour souffler la pièce. C'est un petit cylindre en laiton (fig. 2542), fermé par un bout, dans l'intérieur duquel se trouve un ressort à boudin en fer; à sa partie inférieure est une sorte de piston en bois avec ouverture garnie de cuir, retenu par une fermeture à baïonnette percée d'un trou. L'embouchure de la canne, celle-ci étant tenue verticale, étant mise en contact avec le piston, on comprime par un mouvement brusque qu'on donne au ressort l'air contenu dans le cylindre, et on injecte cet air dans la pièce qu'on veut fabriquer.

Cette pompe a été inventée en 1824 par un ouvrier souffleur de Baccarat, nommé Robinet, qui, devenant

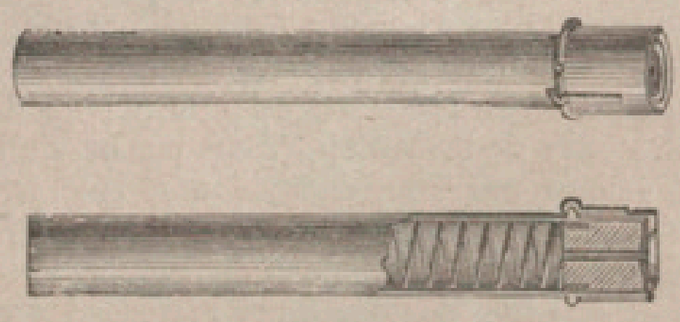


Fig. 2542.

vieux et malade, remplaça par cet outil très-simple les poumons qui lui faisaient défaut. La Société d'encouragement accorda à cet inventeur une médaille d'or, et l'administration de Baccarat lui fit une pen-

sion. Cet outil est connu sous le nom de *pompe de Robinet.*

Revenons à la fabrication des cylindres par la méthode ordinaire du soufflage.

La confection d'un cylindre ouvert à son extrémité et adhérent à la canne se fait en 8 à 9 minutes.

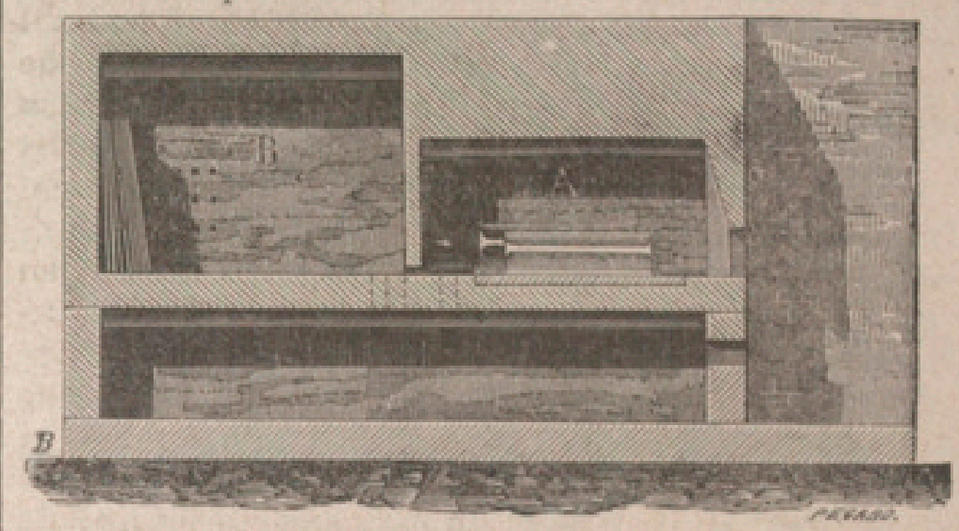
Le cylindre, devenu rigide, est posé sur un chevalet en bois (fig. 2541). On touche avec une tige de fer froide le nez de la canne; celle-ci se détache aussitôt de la pièce de verre dont la calotte est enlevée en enroulant un fil de verre très-chaud et en touchant la partie ainsi chauffée avec un fer froid. On a donc ainsi sur le chevalet un manchon ouvert des deux bouts. On le fend dans sa longueur en promenant dans son intérieur, sur la même arête, une tige de fer rougie; un des points chauffés étant mouillé avec le doigt, le verre éclate. On arrive au même résultat en se servant d'un diamant attaché à un long manche qu'on guide à l'intérieur du manchon en suivant une règle en bois. Ce mode d'opérer, usité en Belgique, donne une cassure plus droite, et, par suite, produit moins de déchet.

C'est par un artifice tout aussi simple qu'on obtient les cylindres aplatis, souvent de très-grande dimension, qui servent à couvrir les pendules. Quand la pièce est arrivée à un certain volume, on termine le soufflage après l'avoir emprisonnée dans une caisse rectangulaire, grossièrement faite avec des planches de bois. Le verre s'étend en s'aplatissant contre l'obstacle qu'il rencontre, et prend la forme d'un cylindre plus ou moins écrasé. (Voy. VERRES BOMBÉS, *Complément.*)

Étendage des cylindres ou canons. Il s'agit maintenant, pour avoir une feuille plane de verre à vitre, de ramollir les cylindres fendus de manière à ce que les bords, en s'affaissant, produisent par une sorte de laminage une feuille de verre.

Il existe plusieurs systèmes de *fours à étendre.* Le plus simple et le plus ancien consiste en une sorte de four à réverbère, chauffé par la flamme d'un foyer latéral et divisé en deux chambres contiguës, A et B (fig. 2543), qui sont séparées par un mur qui s'étend depuis la voûte jusqu'à la sole. Au bas de ce mur se trouve une ouverture de 1 mètre de largeur sur 10 centimètres de hauteur; elle est destinée au passage des vitres planées.

Ce four étant chauffé au rouge sombre, on y introduit les manchons par une galerie latérale *c* dans laquelle ils cheminent lentement, l'un poussant l'autre. Celui qui arrive vers le centre est déjà rouge. Amené à l'aide d'une longue tige de fer sur le *lagre*, qui est une feuille de verre épaisse ou une plaque de terre réfractaire, ses deux bords s'écartent et s'affaissent sous la légère pression exercée sur eux avec une perche de bois; un rabot en bois ou polissoir, qu'on promène à sa surface, achève de planer la feuille; celle-ci est aussitôt poussée dans le second compartiment B dont la température est moins élevée. Lorsqu'elle est suffisamment rigide, elle est placée de champ, au moyen d'une fourche en fer, contre la paroi du four. On a soin de disposer, de distance en distance, des barres de fer pour appuyer de nouvelles vitres, afin que celles-ci ne chargent pas trop celles qui les ont précédées. Quand le four est plein, on enlève le combustible, on en bouche toutes les ouvertures et on le laisse refroidir pendant plusieurs jours. C'est ainsi que ces verres sont *recuits.*



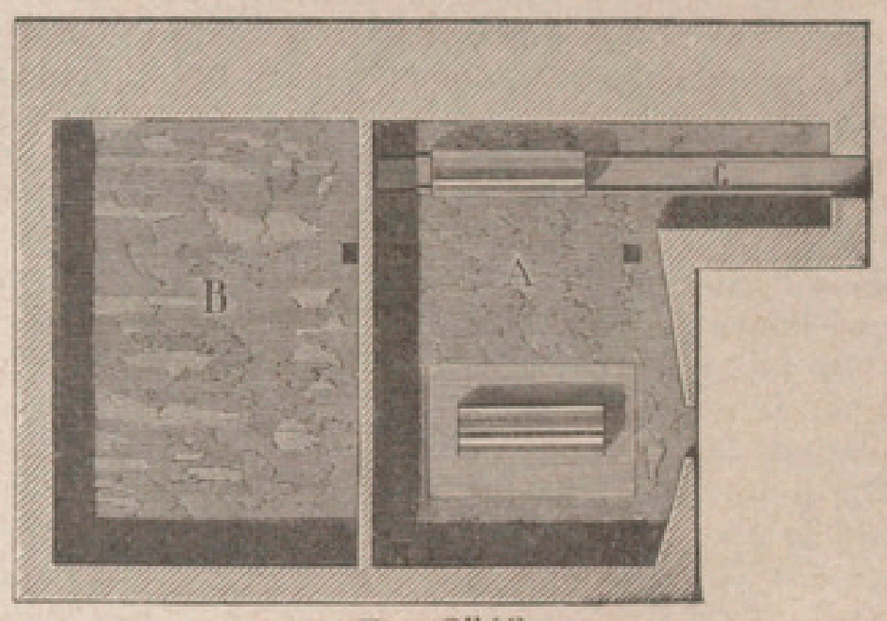


Fig. 2543.

Le verre étendu dans ce four, dit à *pierre fixe*, est ordinairement *griffé* et d'une mauvaise planimétrie. On a cherché à y remédier par plusieurs dispositions. Nous citerons les plus satisfaisantes.

Le four à pierre roulante de M. Segard, d'Anzin, se compose essentiellement de deux chariots, qui portent chacun une pierre à étendre. Le dessin ci-contre (fig. 2544) montre les deux pierres roulantes et le mécanisme pour les manœuvrer, sans le four qui ne change pas.

Le chariot A, portant sa pierre à étendre, se meut sur des roues fixes au moyen de rails qui y sont adaptés. Le chariot B, qui a aussi sa pierre, se trouve à 15 centimètres au-dessous du chariot A, sous lequel il doit passer; il se meut au moyen de ses roues.

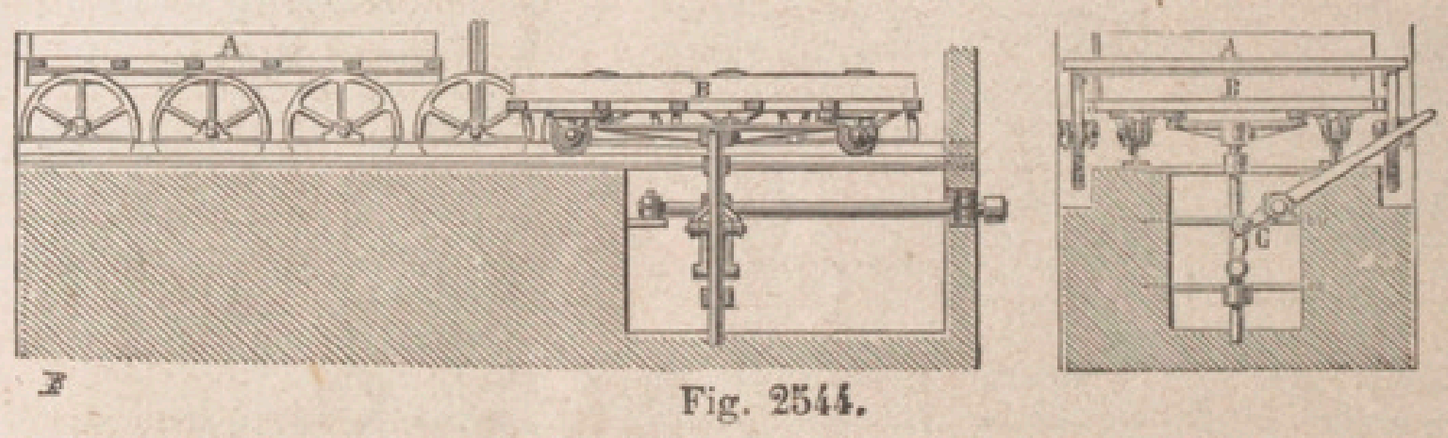


Fig. 2544.

Pour étendre les canons, on renvoie le chariot B dans le four à refroidir; on fait l'étendage sur le chariot A. Aussitôt qu'il est terminé, on pousse ce chariot avec un crochet dans le second compartiment. Le chariot B revient; avec un levier en fer C, on l'élève de 15 centimètres avec la plate-forme sur laquelle il est venu se placer.

On y place le canon à étendre : pendant qu'il s'ouvre, on enlève avec une fourche la feuille qu'on vient d'étendre pour la poser sur un chariot en tôle qui se trouve dans la galerie contiguë et sur lequel il reste à plat.

Le nouveau manchon étant étendu, on abaisse le chariot sur ses rails, on le renvoie dans le four à refroidir, et on amène par-dessus le chariot supérieur A, sur lequel on étend une autre feuille de verre.

Par ce système on étend 600 canons par 24 heures, avec une consommation de 40 hectolitres de houille; ce travail est fait par deux étendeurs, deux tireurs

VERRE.

le chariot et deux enfants. La dépense est moitié de ce qu'elle est avec le four à une seule pierre roulante.

M. Binet, de Sèvres, dispose au-dessus de la pierre à étendre un plateau mobile en terre réfractaire, s'élevant et s'abaissant au moyen d'un bras de levier et d'une tige qui traverse la voûte. Le poids de cette plaque rend le verre bien plan. Ce mode d'opérer est surtout avantageux pour les verres doubles et pour les glaces soufflées : pour polir ces verres on n'enlève que le quart de leur épaisseur ; on enlève le tiers ou la moitié quand le verre est étendu dans les autres fours.

Verre à vitre cannelé. Outre les verres à vitre unis, on en fabrique beaucoup, depuis quelques années, surtout en Allemagne, qui sont cannelés soit dans un seul sens, soit dans deux directions faisant entre elles un angle de 30 à 45°, et présentant, dans ce dernier cas, l'aspect d'une suite de petits losanges accolés. Ces verres ont le grand avantage de rendre à peu près inutile l'emploi des persiennes et des rideaux, en dispersant les rayons solaires au point qu'ils ne puissent plus incommoder, et en empêchant tout regard curieux ou indiscret de plonger dans l'intérieur des habitations. On produit ces cannelures à la fin du soufflage des manchons ; les formes produites alors par l'application du verre sur un moule ne s'effacent pas par les opérations ultérieures. Pour les verres cannelés suivant une seule direction, il suffit d'employer des moules cylindriques creux d'une pièce, en bois ou métalliques et cannelés à l'intérieur suivant les génératrices. La seule différence, dans le cas où l'on veut obtenir deux systèmes de cannelures, se croisant l'un l'autre, consiste dans l'emploi d'un moule plus compliqué et formé de deux parties que l'on sépare pour en tirer le manchon.

Tubes de verre creux à section intérieure circulaire. Pour obtenir ces tubes, l'ouvrier souffle d'abord un cylindre creux comme dans la fabrication du verre à vitres, seulement il lui donne une épaisseur de parois beaucoup plus considérable ; puis, après l'avoir réchauffé, il en présente l'extrémité libre à son apprenti, qui y fixe une seconde canne à l'aide d'une goutte de verre fondu, puis tous deux l'étirent en s'éloignant rapidement l'un de l'autre. Cela fait, il ne reste plus qu'à diviser en tronçons le long tube obtenu, et ensuite à recuire ces tronçons, dont le diamètre et l'épaisseur dépendent de la quantité de verre employée, du rapport du vide ou plein dans le cylindre soufflé, et enfin du plus ou moins de tirage qu'on lui a fait subir.

Tubes de verre creux à section intérieure méplate. Depuis quelques années, dans la fabrication des thermomètres à mercure, on emploie beaucoup de tubes capillaires à section intérieure méplate, qui permettent d'obtenir des instruments très-sensibles, puisque la section du tube est très-faible par rapport à celle du réservoir, bien que ce dernier ne renferme que très-peu de mercure, et dans lesquels on distingue cependant d'une manière très-nette le niveau du mercure, en regardant la tige normalement au grand axe de la section intérieure.

Pour fabriquer ces tubes, l'ouvrier prend au bout de sa canne une certaine masse de verre sans la souffler, et en forme, en la roulant sur une table, une espèce de boudin qu'il présente à son apprenti ; celui-ci la saisit par son extrémité avec une petite pince qu'il tient d'une main, tandis que de l'autre il y enfonce, dans le sens de la longueur, une sorte de couteau ou outil méplat, en ayant soin d'élargir l'ouverture dont il saisit ensuite l'autre lèvre avec une pince ; puis il étire le tout en s'éloignant en ligne directe et sans tourner le verre, comme s'il s'agissait d'un tube ordinaire à section intérieure cylindrique. 1/4 à 1/8 du tube ainsi obtenu est suffisamment calibré pour pouvoir être livré au commerce ; seulement il arrive assez fréquemment que le creux ne se trouve pas exactement au milieu du tube, ce qui a d'ailleurs peu d'inconvénients quand il ne s'en éloigne pas beaucoup.

On peut faire ces mêmes tubes avec moins de déchet, en soufflant d'abord un petit tube creux, court et à parois très-épaisses, l'aplatissant convenablement entre deux planches, le réchauffant ensuite et cueillant du verre autour de ce noyau, que l'on roule ensuite sur une table de manière à lui donner une forme cylindrique, le réchauffant de nouveau et l'étirant.

Tubes de verre pleins. Les tubes de verre pleins se font en roulant une masse de verre sur une table, et l'étirant comme pour les tubes creux.

Verre filé. On peut allonger et filer le verre quand il a été ramolli par l'action de la chaleur, en l'enroulant sur une roue qui tourne avec une grande vitesse : on a porté cette vitesse jusqu'à 25^{m} par seconde. Quand on étire un tube de verre creux, le trou se conserve, quelle que soit la finesse du fil. Le fil provenant d'un petit morceau de verre à vitres, coupé avec un diamant, présente un très-vif éclat ; vu au microscope, il offre une forme aplatie et quatre angles droits très-distincts. Il est très-probable que c'est à cette forme particulière qu'il doit la supériorité de son éclat, car les fils provenant de l'étirage de baguettes de verre rondes ont toujours une apparence sombre. Le verre filé fin est presque aussi souple que la soie, ce qui montre que sa fragilité naturelle est due à l'imperfection du recuit lorsqu'il est en masse de dimensions notables ; au toucher ils ressemblent aux cheveux, et, comme eux, ils peuvent être bouclés d'une manière permanente en les roulant sur un fer chaud. Dans la Sicile, on s'est fréquemment servi des fils de verre noir pour fabriquer des perruques ; on s'en sert encore quelquefois pour faire des aigrettes très-brillantes, imiter le poil des animaux (voyez SOUFFLER LE VERRE), et même tisser des étoffes pour robes, etc. ; quelques-uns des revirements si capricieux de la mode ressusciteront peut-être un jour ce genre d'industrie, qui n'est actuellement exploité que pour ornements d'église, par une maison de Paris. On prétend, mais selon nous à tort, que l'usage de ces tissus en verre offre quelques dangers en ce sens que des filaments détachés pourraient être entraînés par la respiration et portés dans les poumons.

Verres de montre. Les verres de montre ordinaires se fabriquent en soufflant des boules ou globes de verre, de diamètre et d'épaisseur variables, suivant la convexité et l'épaisseur des verres que l'on veut fabriquer ; puis, promenant autour d'un verre modèle que l'on applique sur la boule refroidie, un tuyau de terre de pipe rougi au feu ; il suffit ensuite du plus léger choc pour détacher le verre, que l'on achève après sur une meule.

Les *verres chevés* pour montres plates se préparent différemment ; on commence par tailler les verres comme précédemment, puis on les pose sur des mandrins en fonte, courts cylindres qui ont leur base supérieure façonnée en forme de globe très-aplati ; on met le tout dans un four à réverbère, où le feu est conduit de telle sorte que le verre se ramollisse et s'applique exactement sur le mandrin en s'affaissant sur lui-même ; on l'éloigne ensuite peu à peu du feu, et, lorsque le tout est lentement refroidi, on enlève le verre Il faut ensuite polir avec le rouge d'Angleterre comme pour les verres d'optique, puis en amincir et réparer les bords sur la meule.

Pour les verres de montre ordinaires on se sert généralement de verres durs ; ceux de Bohême, à base

de potasse et de chaux, sont très-estimés; on en fabrique dans le pays d'immenses quantités, dont une grande partie s'importe en France par contrebande. Les verres chevés, au contraire, sont ordinairement fabriqués avec des verres peu dévitrifiables et très-fusibles, c'est-à-dire avec du cristal ou verre à base d'oxyde de plomb.

VERRE DE BOHÊME. Le verre de Bohême est un verre à base de potasse et de chaux, remarquable par sa beauté, sa dureté et ses autres qualités, qui lui ont fait donner le nom de *cristal de Bohême*, pour le distinguer du cristal ordinaire à base de plomb, qui a un poids spécifique beaucoup plus grand et une dureté infiniment moindre.

L'analyse de ce verre conduit à des résultats compris entre les suivants :

Silice	0,72	à	0,75
Potasse.	0,18	à	0,16
Chaux.	0,10	à	0,09
	1,00		1,00

et une petite quantité d'alumine provenant de l'action dissolvante du verre en fusion sur les fours qui le renferment.

La silice employée en Bohême pour la fabrication des verres fins est du quartz hyalin provenant en général, soit des cailloux roulés dans les torrents, soit de fragments plus ou moins anguleux épars dans la terre végétale résultant de la décomposition des terrains primitifs. Le quartz le plus pur est la variété enfumée. On l'étonne dans des fours chauffés soit par la flamme perdue des fours de fusion, soit par un foyer spécial. Lorsque le quartz a atteint la température rouge-cerise, on le retire du four et on le jette immédiatement dans une grande cuve peu profonde, au-dessus de laquelle se trouve un robinet qui permet de renouveler continuellement l'eau et de s'opposer à son échauffement; le quartz, ainsi étonné et refroidi, est trié à la main par des femmes : les fragments trop gros et trop résistants qui n'ont pas été suffisamment étonnés sont cassés en plusieurs morceaux et reportés dans le four, le reste est concassé en petits fragments et les parties parfaitement blanches sont seules employées à la fabrication des verres fins. Les fragments qui présentent la moindre trace d'oxydes métalliques sont séparés avec le plus grand soin, pulvérisés à part et mis de côté pour servir à la taille des verres. Le quartz étonné et trié est ensuite bocardé à sec ; les flèches des pilons sont armées de têtes en quartz brut, et chacune d'elles tombe dans une auge hémisphérique pratiquée dans une grosse poutre en bois qui court tout le long du bocard.

La potasse qui vient de Bohême et de Hongrie est purifiée dans les usines mêmes, comme nous l'avons indiqué au commencement de cet article ; celle de première qualité ne coûte en Bohême que 68 francs les 100 kilogrammes.

La chaux est extrêmement pure et provient de la calcination d'un calcaire saccharoïde blanc pur ou bleuâtre venant de Moravie ou de Bohême.

Bien que la fabrication du verre de Bohême ait lieu surtout en Bohême et aux environs de Venise, il existe actuellement en France, notamment à Walsh, Saint-Louis et Baccarat, plusieurs usines qui fabriquent des cristaux de Bohême.

Les verreries de Bohême étant exclusivement alimentées par le combustible végétal, on cherche autant que possible à les établir au milieu des forêts et sur les bords d'un cours d'eau flottable. Comme les périodes d'aménagement des forêts sont presque séculaires, il est souvent avantageux, après avoir abattu tous les bois qui environnent une usine, de la transférer dans un autre endroit où l'on retrouve un approvisionnement facile, jusqu'à ce que ce dernier soit à son tour épuisé, et ainsi de suite. Cette instabilité dans l'emplacement de la plupart des verreries a conduit par économie à construire entièrement en bois tous les bâtiments qui renferment les fourneaux, etc. ; aussi rien de plus misérable, à première vue, que l'aspect de ces usines qui semblent perdues au milieu de forêts sans fin et qui s'annoncent au loin par des tourbillons de fumée qui s'élèvent au-dessus des arbres. Il n'y a guère que les usines certaines d'un approvisionnement pour ainsi dire indéfini en combustible qui soient en partie construites en pierre.

Les verreries de Bohême se composent ordinairement de deux fours de fusion dont l'un est en feu, tandis que l'autre est en réparation, de sorte qu'il y en a constamment un en activité. Lorsque l'usine fabrique des verres à vitres, elle possède un ou deux fours d'étendage placés sous un hangar particulier annexé à l'usine. Le magasin des matières premières est aussi annexé à l'usine; quant aux bocards à sec et aux fours de cuisson pour le quartz et la chaux, ils sont également annexés à l'usine lorsque la puissance du cours d'eau le permet, mais le plus souvent ils en sont séparés et placés à quelque distance, soit en amont, soit en aval ; il en est de même des raffineries de verre, ateliers où l'on opère la taille et la décoration des verres.

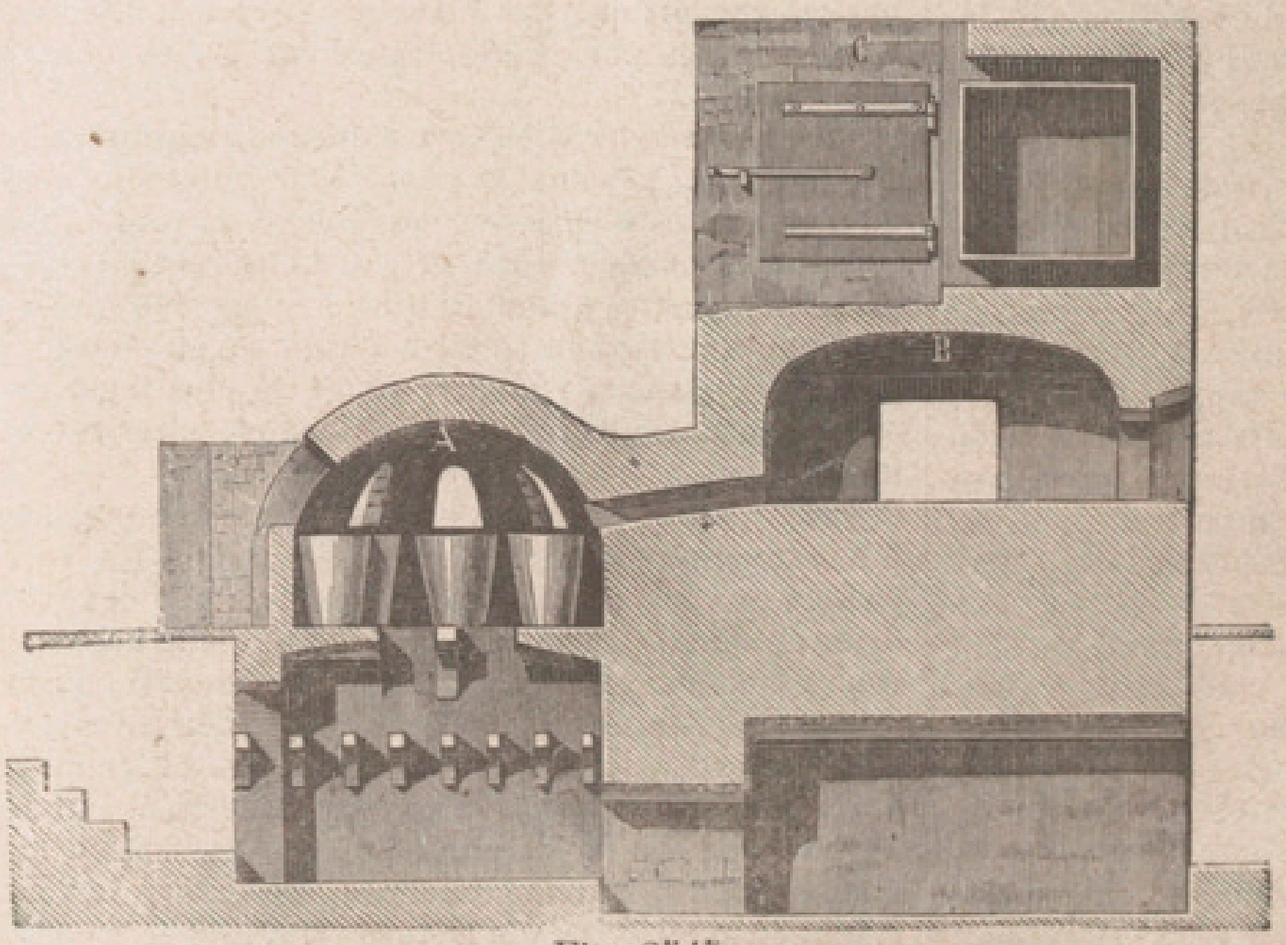


Fig. 2545.

Les fours de fusion sont de petite dimension ; leur voûte est ordinairement construite d'une seule pièce (fig. 2545), en argile damée. Ils sont elliptiques, et leur flamme, après avoir circulé librement autour des pots qui sont au nombre de sept à huit, se dégage dans un second four rectangulaire destiné à la cuisson des pièces, à celle de la chaux, ou bien qui sert à chauffer le quartz, qu'on étonne pour le rendre friable. Dans beaucoup de verreries, la chaleur perdue se dégage en sortant de cette arche dans deux carcaisses fermées par des portes en tôle, qui reçoivent le bois

à dessécher lequel est placé sur un châssis tournant qui rend plus facile son introduction et sa sortie de l'étuve, quand il est sec. Souvent le bois est simplement empilé et desséché sur la plate-forme du four à recuire les pièces.

Les pots ou creusets reposent sur un siége elliptique en terre réfractaire; ils ont été introduits par le foyer qui est en contre-bas du sol, et auquel on arrive par une voûte souterraine. Souvent le four a deux foyers, dans lesquels on brûle des bûches de sapin de $1^m,30$ de longueur; il a ordinairement 2 mètres sur $1^m,50$ de diamètres intérieurs.

Les pots ont ordinairement $0^m,30$ de diamètre intérieur à l'ouverture et $0^m,35$ au fond, $0^m,45$ de profondeur, $0^m,03$ d'épaisseur à l'ouverture et $0^m,04$ au fond. On y charge moyennement 70 kil. de matières frittées; la perte en eau, acide carbonique et alcali est de 15 à 20 p. 100, et on obtient par pot de 45 à 50 kil. de verre façonné, non compris les déchets du travail même. La fonte dure de 12 à 18 heures et le travail du verre de 14 à 15 heures. Chaque four produit par semaine environ 2,000 kil. de verre façonné, tandis que les fours français en produisent dans le même temps 36,000 kil.

Le mélange que l'on charge dans les pots se compose moyennement de :

Quartz étonné et pulvérisé. . .	100
Potasse première qualité calcinée.	50 à 60
Chaux calcinée	15 à 20
Acide arsénieux.	1/4 à 1/2
Nitre	0 à 1

et quelquefois, mais rarement, 1/16 à 1/4 de peroxyde de manganèse.

Les ouvriers de Bohême économisent le verre avec une habileté surprenante; ils le cueillent avec des cannes plus légères que celles que nous avons décrites au commencement de cet article, et ils soufflent ordinairement la pièce creuse qu'ils veulent faire dans un moule en bois à deux compartiments, qui sont maintenus rapprochés par l'apprenti, lequel a soin de les mouiller très-fréquemment afin de prolonger leur durée en les empêchant de prendre feu.

Le recuit des verres fabriqués s'exécute en les portant encore chauds dans des pots cylindriques en argile de $0^m,015$ d'épaisseur, ayant $0^m,40$ de diamètre et $0^m,50$ de profondeur, placés dans le four à recuire annexé au four de fusion. Lorsqu'un de ces pots est entièrement rempli, on le retire du four et on le laisse refroidir spontanément dans un coin de l'usine, en augmentant autant que possible la durée du refroidissement par l'addition d'un couvercle en tôle. On conçoit aisément tout ce que ce procédé a d'imparfait en comparaison des fours à recuire continus si généralement employés en France.

On fabrique aussi en Bohême une quantité considérable de verres colorés dans toute leur masse ou doublés, filigranés, dorés, argentés, décorés avec des couleurs de moufle; nous y reviendrons plus loin.

VERRE PLOMBEUX. CRISTAL. La fabrication du verre à base d'oxyde de plomb, ou cristal ordinaire, est originaire d'Angleterre. Pour éviter la coloration du verre due à la fumée du charbon de terre, les verriers anglais commencèrent par remplacer les pots ouverts employés sur le continent, par des creusets couverts, espèces de grandes cornues soustrayant les matières au contact et à l'action des fumées du combustible. Mais cette substitution tendant à abaisser la température dans l'intérieur des creusets, on fut obligé de chercher des compositions plus fusibles et on y parvint en remplaçant la chaux par de l'oxyde de plomb.

Voici quelques analyses de cristal qui donneront une idée de sa composition :

	(1)	(2)	(3)
Silice.	0,560	0,514	0,569
Potasse.	0,066	0,094	0,089
Chaux	—	—	0,026
Alumine	0,010	0,012	—
Oxyde de plomb. . .	0,344	0,374	0,325
	0,980	0,994	1,000

(1) Cristal de première qualité, de Vonèche en Belgique (Berthier).
(2) Cristal de Newcastle en Angleterre (Berthier).
(3) Cristal de première qualité (Dumas).

Le mélange que l'on charge dans les pots se compose de :

Sable siliceux blanc . . .	100
Minium.	55 à 65
Potasse.	25 à 30
Nitre.	2 à 5
Peroxyde de manganèse environ.	0,001
Acide arsénieux	0,0005 à 0,001
Calcin, débris de travail. . .	50 à 100

La potasse doit être exempte de soude, car la soude ne donne pas du verre parfaitement incolore : les verres à vitre, les glaces, vus par la tranche, montrent une coloration verte très-marquée. Aussi a-t-on vainement cherché à remplacer dans le cristal la potasse, en totalité ou en partie, par la soude dont le prix est beaucoup moins élevé. Quelque bien purifié que soit le sel de soude, il ne donne que du cristal verdâtre et sans éclat.

Le minium est fabriqué avec du plomb de qualité supérieure, qu'on tire d'Espagne ou d'Angleterre. On oxyde ce métal dans un four de réverbère, et on met à part les premiers et les derniers produits de l'oxydation; les produits intermédiaires fournissent l'oxyde le plus pur, le moins colorant; c'est celui-là qu'on transforme en minium; à cet effet, on sépare par broyage, lavage et décantation l'oxyde de plomb (massicot), avec le plomb non oxyde qui l'accompagne. Le massicot est séché, puis placé dans des caisses de tôle qu'on chauffe dans un four à réverbère dont la température ne dépasse pas celle du rouge obscur. C'est ainsi qu'il est converti en minium.

D'autres matières interviennent quelquefois dans la fabrication du cristal. MM. Maës et Clemandot, qui ont à Clichy une cristallerie dont les produits ne sont pas moins recherchés que ceux de Baccarat et de Saint-Louis, ont montré, il y a quinze à vingt ans, que l'acide borique peut jouer un rôle fort utile dans la fabrication des verres de luxe.

La présence de ce fondant permet, en effet, de modifier profondément la nature du cristal; l'oxyde de zinc peut se substituer à l'oxyde de plomb; la soude, la chaux ou la baryte deviennent aptes à remplacer la potasse. Les *boro-silicates* de zinc et de potasse, de potasse et de baryte, de soude et de zinc, fabriqués par MM. Maës et Clemandot, soit sous forme de pièces de gobeleterie, soit pour verres d'optique, sont remarquables par leur éclat, par leur limpidité et par leur blancheur. Mais le prix beaucoup trop élevé de l'acide borique ne permet pas que cette substance puisse servir couramment à la fabrication des verres.

La baryte a été employée dans plusieurs verreries sous forme de carbonate artificiel; il est probable que cette substance finira par prendre rang parmi les matières employées dans l'industrie du verre. Elle peut remplacer avec avantage, comme fondant, la potasse ou la soude, et, fabriquée dans des conditions industrielles, elle est d'un prix moins élevé que ces alcalis.

La fig. 2546 représente un four de fusion du cristal à la houille, à pots couverts.

Le cristal se travaille, soit par soufflage seulement, soit par soufflage et moulage, soit enfin uniquement

par pression. Les moules varient naturellement suivant la forme des objets à fabriquer et sont toujours divisés en un nombre de parties, ordinairement reliées entre elles à charnières, tel que la dépouille en soit aussi prompte que facile. Autrefois les moules étaient presque exclusivement en laiton ; actuellement on commence à les remplacer dans nos cristalleries par des moules en fonte douce, dont la fabrication première est, il est vrai, plus coûteuse, mais qui, outre l'avantage d'une plus longue durée, sont susceptibles de recevoir un bien plus beau poli, de sorte que l'on remarque à peine sur les pièces fabriquées avec ces moules, ces stries si frappantes et si visibles que présentent les objets confectionnés à l'aide de moules en laiton.

Les cristaux se recuisent toujours dans des fours continus que les plateaux en tôle qui reçoivent les objets à recuire parcourent en 20 ou 30 heures dans toute leur longueur.

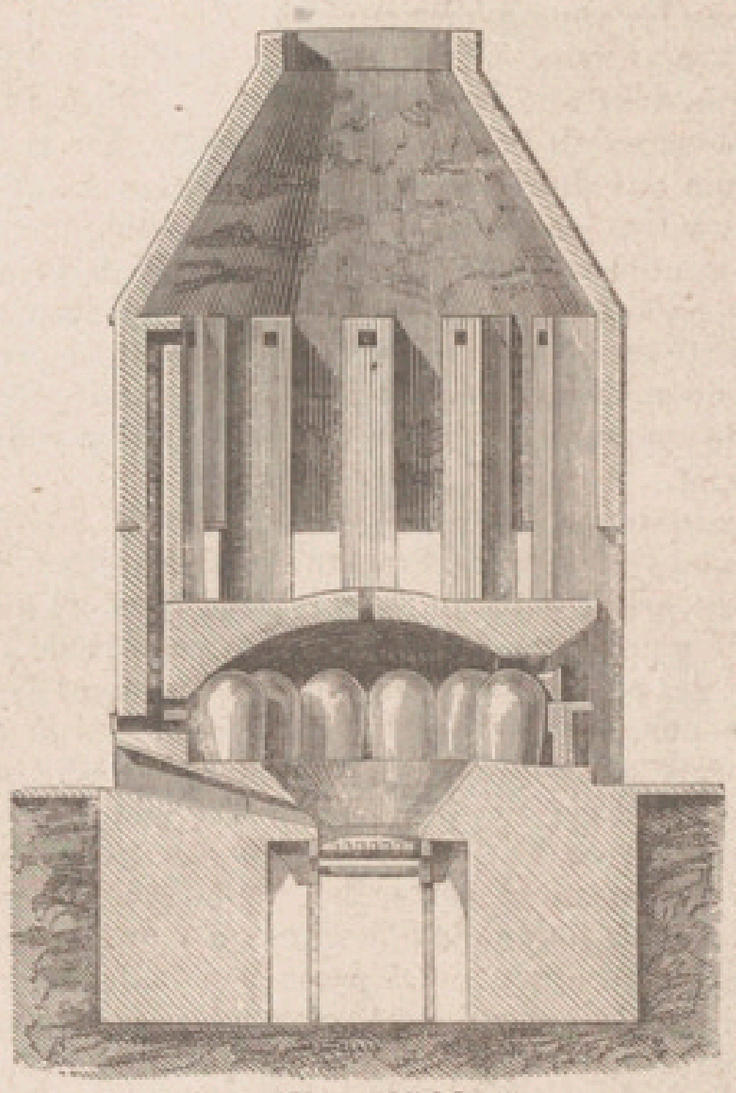


Fig. 2546.

VERRES D'OPTIQUE. Les verres d'optique sont de deux espèces, le verre plombeux très-réfringent ou *flintglas* et le verre non plombeux ou *crownglas*. La fabrication de ces verres bien exempts de stries et bien homogènes offre de grandes difficultés. C'est M. Guinand père qui parvint le premier à les lever en grande partie par le brassage de la matière en fusion au moyen d'un outil de la même matière que le creuset. Il fit un cylindre creux en terre réfractaire de la hauteur du creuset, fermé par son extrémité inférieure, ouvert par le haut et ayant un rebord plat de quelques centimètres. Il introduisait dans le verre fondu ce cylindre préalablement chauffé au rouge blanc ; puis, au moyen d'une longue barre de fer coudée à angle droit sur une longueur de quelques centimètres qu'il engageait dans le cylindre en terre, il brassait le verre en imprimant à la barre un mouvement horizontal de rotation.

MM. Guinand fils et Bontemps, de Choisy-le-Roi, ont perfectionné les procédés de M. Guinand père et ont remporté, en 1840, les deux prix de 6,000 fr. proposés par la Société d'encouragement pour la fabrication du crownglas et du flintglas.

Le flintglas et le crownglas se fabriquent dans un creuset couvert, analogue à ceux des cristalleries et pouvant recevoir une charge de 150 à 250 kil. placés dans un four rond.

Passons maintenant aux détails de fabrication :

Flintglas. La composition du mélange pour flintglas est la suivante :

	(Bontemps)	(Guinand)
Sable siliceux blanc.	261	225
Minium.	261	225
Potasse 1re qualité	60	52
Borax.	18	4
Nitre	»	3
Manganèse	»	1
Acide arsénieux.	»	1
Débris des opérations précédentes.	»	89

Voici comment s'opère la fonte du flintglas d'après M. Bontemps.

On chauffe d'abord le creuset (ce creuset ne sert que pour une seule opération) à part dans un four spécial consacré à cet usage, et, quand il est arrivé au rouge-blanc, on l'introduit dans le four de fusion également chauffé. On réchauffe ensuite le four ; au bout de deux ou trois heures il est assez chaud pour qu'on puisse commencer l'enfournement ; on débouche alors la gueule du creuset qui est garnie de deux couvercles, pour qu'il ne puisse pas s'y introduire de fumée, et on charge environ 10 kil. de composition ; une heure après on en enfourne de nouveau 20 kil. ; deux heures après 40 kil. ; à chaque fois on rebouche le creuset avec le plus grand soin, et on observe de n'enfourner que lorsque le charbon que l'on a chargé sur la grille ne donne plus de fumée. Au bout de 8 à 10 heures l'enfournement est terminé ; on laisse le creuset environ 4 heures sans l'ouvrir, puis on ôte les couvercles pour y introduire un cylindre en terre préalablement chauffé à part au rouge-blanc. A ce moment le flintglas est fondu, mais la masse est encore bouillonneuse ; néanmoins, dès ce moment on commence à faire usage du cylindre en terre, à l'aide de la disposition déjà décrite plus haut et représentée fig. 2547. On met une barre à crochet dans le

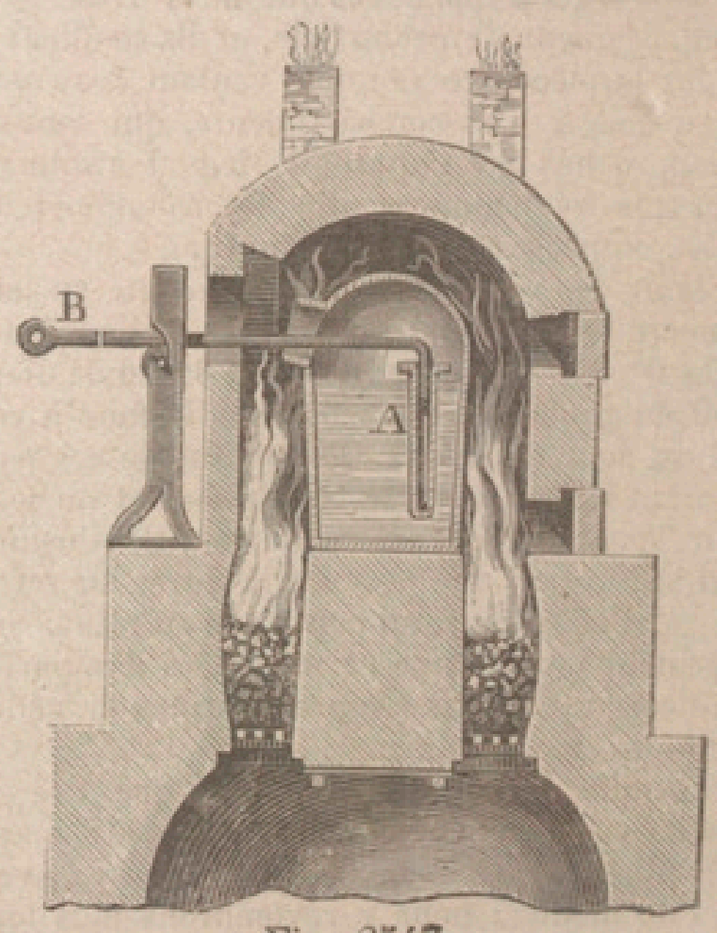


Fig. 2547.

cylindre, et on fait un premier brassage qui sert à *enterrer* le cylindre et à opérer déjà un mélange plus intime des matières ; au bout de 3 minutes environ la barre est au rouge-blanc ; on l'ôte et on pose le bord du cylindre sur le bord du creuset ; ce cylindre, étant spécifiquement moins pesant que le verre, flotte légèrement incliné, parce que son bord supérieur fait saillie au-dessus du bain. On remet les deux couvercles disposés de manière à ne pas repousser le bord du cylindre dans le verre, et on recommence à tiser le feu. 5 heures après on fait un nouveau brassage au crochet, et ainsi de suite, d'heure en heure, en ayant soin de ne faire chaque brassage

qu'avec absence de fumée dans le four. Après 6 brassages, on fait un *tise-froid*, c'est-à-dire qu'on met environ 0m,25 à 0m,30 d'épaisseur de houille sur la grille, ce qui forme une masse promptement réduite en coke, qui permet de refroidir le four sans laisser la grille à nu. On ouvre les tisards et les ouvreaux, ce qui refroidit peu à peu le four et le creuset; cette opération tend à faire monter les bulles qui ne se sont pas encore dégagées. Au bout de deux heures, on remet le four en pleine fonte; cinq heures après le verre a repris la plus grande liquidité et les bulles ont disparu; on bouche alors exactement les grilles par-dessous, et on commence le grand brassage, c'est-à-dire qu'aussitôt qu'une barre à crochet est chaude, on lui en substitue une autre, et ainsi de suite, pendant environ deux heures. Au bout de ce temps la matière a pris une certaine consistance et le brassage ne se fait plus que difficilement; on ôte alors la dernière barre à crochet, on sort le cylindre en terre du creuset, que l'on bouche bien exactement, ainsi que les cheminées et les ouvreaux, sauf un petit trou de 2 centimètres pour donner issue aux gaz qui peuvent encore se trouver dans le combustible, et qu'on ferme aussitôt que tout dégagement gazeux a cessé. On laisse ainsi le four se refroidir spontanément, ce qui dure environ huit jours; on enlève alors la porte du four, on extrait le creuset avec son contenu qui y est attaché ordinairement en une seule masse, sauf quelques fragments qui se détachent autour du creuset; on traite ensuite cette masse et ces fragments comme nous l'indiquerons plus loin.

Crownglas. La composition employée pour la fabrication du crownglas est :

	(Bontemps) 1840	(Bontemps) 1846	(Guinand) 1840
Sable silicieux blanc. . . .	360	360	400
Carbonate de potasse. . . .	105	»	160
Carbonate de soude. . . .	60	150	»
Carbonate de chaux. . . .	45	84	»
Borax.	»	»	20
Minium.	»	»	20
Peroxyde de manganèse. . .	»	»	1
Arsenic.	3	6	»

La différence essentielle entre ces deux fabricants, comme on le voit, que le crownglas de l'un est un silicate à base de chaux et de potasse ou de soude, tandis que le crownglas de l'autre est un boro-silicate de potasse et de plomb. M. Bontemps a reconnu que l'on obtient des crownglas moins hygrométriques en remplaçant dans les compositions qu'il indique, en tout ou en partie, le carbonate de soude par du borate de soude.

Le creuset ayant été mis dans le four comme pour le flintglas, on complète l'enfournement de toute la matière en huit heures environ, puis quatre à cinq heures après on introduit le cylindre en terre réfractaire, et on fait toutes les deux heures un brassage d'une seule barre; on fait ensuite un tise-froid de deux heures, puis on réchauffe pendant sept heures, ce verre reprenant beaucoup plus difficilement sa chaleur que le flintglas, et on fait le grand brassage qui dure une heure et quart; on bouche le creuset, les cheminées et les ouvreaux, comme pour le flintglas, et on laisse refroidir. Assez ordinairement on obtient une masse et quelques fragments.

Quand la masse du creuset a été recuite d'une seule pièce, qu'il s'agisse de crownglas ou de flintglas, et qu'on n'a besoin que de petits disques, on la brise avec une masse en fer, puis on examine les fragments en y taillant, au besoin, des faces parallèles; après avoir mis de côté ceux qui présentent des défauts, tels que des stries ou des nébulosités, on commence par former avec les autres, par le ramollissage, dans une sorte de moufle, des plaques à peu près carrées qu'on divise ensuite, au diamant, en petits carrés, après les avoir recuites, on ramollit de nouveau ces petits carrés et on les moule dans un moule à pince, en cuivre ou en fer. S'il s'agit de faire de grands disques, on prend un fragment reconnu sans défauts, ayant le poids du disque que l'on veut produire, et on le ramollit au feu de moufle dans un cercle du diamètre voulu, en ayant soin de ne donner que le feu nécessaire pour que le verre remplisse le cercle, et en facilitant même ce ramollissage par la pression d'outils. Quand on veut faire de très grands disques avec une masse dont on a examiné l'intérieur, on divise cette masse à la scie pour avoir le moins possible de déchets.

VERRES COLORÉS. On distingue dans les verres colorés ceux qui le sont dans toute l'étendue de leur masse et ceux qui ne le sont qu'en partie.

Pour préparer les premiers, on introduit toujours la matière colorante dans le pot de verrerie.

Il n'en est pas toujours de même dans le second cas, surtout pour les couleurs les plus chères et les plus difficiles à préparer, et dans trois élaborations particulières aux verres colorés, lesquelles consistent :

1° A fabriquer des vases colorés ou incolores, avec un pied ou support de couleur différente;

2° A former les vases d'une couche intérieure de verre très mince et fortement coloré, et d'une couche extérieure de verre blanc que l'on enlève ensuite par places par la taille, sans que pour cela l'objet cesse d'avoir une teinte uniforme;

3° A former les vases d'une manière inverse, c'est-à-dire d'une couche intérieure incolore et d'une couche extérieure plus ou moins épaisse et colorée, que l'on enlève ensuite par places, en tout ou en partie, de manière à obtenir un verre qui présente toutes les nuances de la couleur employée.

Ces deux dernières espèces de verre portent le nom de *verres doublés*.

Pour arriver à ces résultats, il suffit, dans le premier cas, de souder le cul du vase de verre à un boudin de verre coloré fixé à l'extrémité d'une seconde canne; puis, de séparer la pièce de la première canne et de la terminer comme à l'ordinaire. Dans le second cas, on plonge successivement la canne dans un pot de verre coloré et dans un pot de verre blanc, et on fait l'inverse dans le troisième cas.

Comme nous venons de le faire remarquer, il existe certains verres colorés qui ne se préparent pas habituellement dans les pots, mais bien en pains ou rouleaux de couleur très foncée, ayant environ 0m,03 de diamètre sur 0m,30 de long. Ils sont un peu plus fusibles que le verre blanc, et préparés de manière à fondre à la température nécessaire à la fusion complète d'un mélange de 64 parties de verre incolore et de 1 partie de peroxyde de manganèse. Lorsqu'on veut se servir de ces pains de verre coloré, on en casse un morceau proportionné à la masse que l'on veut fabriquer, puis, le fixant à l'extrémité d'une canne, on le ramollit, en l'introduisant dans l'embrasure du four de fusion, et on le travaille comme il a été dit ci-dessus.

Cela posé, nous pouvons passer à la description des procédés que l'on suit pour préparer les différents verres colorés.

Rouge. La coloration du verre en rouge s'opère de deux manières, soit par l'or, ce qui donne le rouge *rubis*, soit par le protoxyde de cuivre, ce qui donne le *rouge ancien*.

Rubis. La couleur rubis était déjà connue à la fin du XVIe siècle, du temps de Néri et de Kunckel. Elle ne s'emploie qu'en pains et pour la fabrication des verres doublés.

Suivant un fabricant du Riesengebirge, le verre dont on se sert pour faire les pains de couleur rubis et qui porte le nom de *schmelze*, se prépare avec :

Quarz étonné et pulvérisé. . . .	500
Minium.	800
Nitre.	100
Potasse calcinée.	100

On fait ensuite dissoudre à chaud 1 gramme d'or fin dans 18 grammes d'eau régale ; lorsque tout est dissous, on introduit la dissolution dans un vase dont la capacité est d'un litre, et on achève de le remplir d'eau régale : on verse le tout dans un second vase gradué et on l'étend de cinq fois son volume d'eau. Cela fait, on mélange intimement :

Schmelze	512	grammes.
Borax prismatique. . .	48	—
Oxyde d'étain. . . .	3	—
Oxyde d'antimoine. . .	3	—

et 1/8 de la dissolution d'or préparée comme l'est dit ci-dessus ; puis on chauffe le tout pendant 12 ou 14 heures dans un creuset ouvert placé dans un four de verrerie, et on laisse ensuite refroidir le creuset dans un four à recuire ; lorsqu'il est refroidi, on le casse et on en retire la couleur. Si l'on met plus d'acide qu'il n'est indiqué ci-dessus, on attaque un peu les creusets, mais la couleur est plus solide. Dans certains cas, au lieu de 3 grammes d'étain, on en met 2 ou 4 grammes ; le premier de ces mélanges s'emploie surtout pour les grandes pièces qui doivent être longtemps travaillées au feu ; le second, pour les objets minces et de faibles dimensions. L'antimoine ne paraît ici que donner plus d'éclat au verre, sans le colorer aucunement. Cependant, comme on manque quelquefois le verre rubis, soit pour l'avoir chauffé trop fort ou trop longtemps, soit pour l'avoir laissé refroidir trop brusquement, la plupart des fabricants préfèrent acheter à l'essai cette couleur toute faite à d'autres fabricants spéciaux qui ne s'occupent que de ce genre d'industrie.

D'après le directeur d'une des verreries de la Bohême, on obtient ainsi qu'il suit le plus beau verre rubis : on dissout à chaud 1 gramme d'or fin dans une eau régale composée de :

Acide hydrochlorique. . .	12	grammes.
Acide nitrique.	12	—
Sel ammoniac.	1	—

On dissout d'un autre côté, et également à chaud, 1 gramme d'étain dans une eau régale composée de :

Acide hydrochlorique. . .	6	grammes.
Acide nitrique.	20	—

Il va sans dire que l'or et l'étain doivent être préalablement réduits en feuilles très minces par le battage et coupés à l'aide de ciseaux en très petits fragments. On verse ensuite les deux dissolutions obtenues dans un grand flacon contenant déjà 500 grammes d'eau de source limpide, et on mêle intimement le tout en agitant bien le flacon après l'avoir bouché. Le précipité de pourpre de Cassius, qui se forme dans la liqueur, est recueilli sur un filtre, lavé et séché avec soin.

On prépare ensuite un verre particulier en mélangeant ensemble :

Quarz étonné très pur. . . .	40
Nitrate de potasse.	16
Borax.	8
Acide arsénieux.	1
Crème de tartre.	1

et une quantité plus ou moins grande de pourpre de Cassius, selon que l'on veut obtenir une couleur plus ou moins foncée. Ce mélange est introduit soit dans un pot chauffé dans un four particulier, soit dans un pot de verrerie ordinaire, en ayant soin d'agiter incessamment les matières jusqu'à ce qu'elles aient atteint le rouge sombre. On recouvre alors le pot et on continue à le chauffer pendant quelque temps. Lorsque la masse est parfaitement fondue et qu'elle ne présente plus de bulles, on retire le pot et on le fait recuire ; puis, lorsqu'il est entièrement refroidi, on le casse, on sépare avec soin le verre obtenu des esquilles étrangères qu'il pourrait contenir, ou le bocarde et on le tamise.

Si maintenant l'on fond ensemble, dans un petit creuset placé dans le four de verrerie, le mélange suivant :

Quarz étonné et pulvérisé. . . .	128
Nitrate de potasse.	64
Borax.	3
Acide arsénieux.	3

et qu'ensuite on verse dans l'eau froide le verre obtenu, puis qu'on le passe au tamis, qu'on le mélange après avec le verre coloré préparé comme il a été dit ci-dessus, et qu'on le fonde enfin dans un pot de verrerie, on obtiendra un verre qui, travaillé en pièces d'une faible épaisseur, prend une belle couleur rubis lorsqu'on l'enfume.

En général le *rubis de Bohême* se prépare actuellement en fondant ensemble :

Quarz étonné et pulvérisé. . . .	100
Minium.	150
Potasse fine frittée.	30
Borax fondu.	20
Sulfure d'antimoine.	5
Peroxyde de manganèse. . . .	5
Or détonnant broyé avec de l'essence de térébenthine.	5

Si on met un peu plus d'or détonnant, on obtient une magnifique couleur rubis.

L'or détonnant ou fulminant se prépare en précipitant la dissolution d'or dans l'eau régale par un excès d'ammoniaque caustique et agitant quelque temps la liqueur. Le précipité est ensuite recueilli sur un filtre et lavé rapidement avec de l'eau bouillie et légèrement ammoniacale, puis desséché à une très basse température. On obtient ainsi une poudre d'un jaune brun foncé, très détonnante, et dont le maniement exige beaucoup de précautions.

Beaucoup de personnes croient que la coloration des verres par l'or est due à un sous-oxyde d'or ; nous pensons au contraire avec M. Schubarth, que tous les oxydes et sels d'or sont réduits à la température à laquelle le verre se trouve soumis et que cette coloration est due à de l'or extrêmement divisé.

Rouge ancien. Le verre coloré par le protoxyde de cuivre a une teinte extrêmement foncée, et par conséquent on le travaille presque toujours en couches très minces, à l'état de verre doublé.

Les anciens connaissaient le moyen de colorer le verre en rouge au moyen du protoxyde de cuivre ; Néri et Kunckel en font mention dans leurs ouvrages. Cependant la tradition s'en était tellement perdue à la fin du siècle dernier, que l'on croyait généralement que tous les verres rouges étaient colorés par des préparations d'or. Ce fut seulement en 1828 que M. Engelhardt, de Zinsweiler, parvint à colorer des verres en rouge au moyen d'un mélange à parties égales de protoxydes de cuivre et d'étain, procédé qui fut employé avec succès dans une verrerie de Silésie. Actuellement on se sert d'un mélange de battitures de cuivre et d'oxyde d'étain obtenu par l'oxydation de ce dernier métal au contact de l'air, auquel on ajoute quelquefois un peu de limailles ou de battitures de fer quand on veut obtenir une teinte rouge de feu ou rouge-écarlate. Lorsque la couleur vient à passer par accident, ou la fait revenir en ramenant le cuivre à l'état de protoxyde par l'addition, dans le pot de verrerie, d'un peu d'étain métallique ou de battitures de fer. Il va sans dire que le verre à colorer par le protoxyde de cuivre

ne doit renfermer ni nitrate de potasse, ni aucune autre substance oxydante.

Lorsque l'on ajoute au mélange de la limaille ou des battitures de fer, on diminue la proportion de l'oxyde d'étain, qui quelquefois même disparaît entièrement, comme dans un très beau verre rouge antique trouvé à Caprée, dans la ville de l'empereur Tibère, et qui a donné naissance à l'analyse :

Silice.	0,710
Oxyde de plomb.	0,140
Protoxyde de cuivre.	0,075
Protoxyde de fer.	0,010
Alumine.	0,025
Chaux.	0,015
	0,975

Quelquefois on se contente de colorer le verre par l'oxyde de cuivre, puis on enfume les objets fabriqués qui ne tardent pas à prendre une couleur d'un rouge foncé.

Bleu. La couleur bleu céleste s'obtient par l'oxyde de cuivre seul ; le bleu de cobalt par l'oxyde de cobalt ou le smalt.

Violet-améthyste. Cette couleur s'obtient avec du peroxyde de manganèse mélangé d'un peu de nitre.

Jaune. On distingue six jaunes différents qui se préparent ainsi qu'il suit :

1° *Jaune-topaze* plus ou moins foncé ; se prépare avec du poussier de charbon.

2° *Jaune d'or.* Si à une composition pour faire du violet assez foncé (coloration par le peroxyde de manganèse) on ajoute quelques kilogrammes d'oxyde de fer, on obtient un violet brun ; si peu à peu on augmente la dose d'oxyde de fer, le verre passe à une couleur plus brune, puis pelure d'oignon, et enfin devient d'un assez beau jaune ; c'est ainsi que l'on colore, par exemple, le verre destiné à être étiré en fils fins pour imiter l'or dans les tissus de verre.

3° *Jaune d'antimoine.* Se prépare avec un mélange de verre d'antimoine et de minium.

4° *Jaune-orangé.* Se prépare avec un mélange de verre d'antimoine, de minium et d'un peu d'oxyde de fer.

5° *Jaune particulier* très cher, qui se prépare avec le chlorure ou l'oxyde d'argent. Il est évident pour nous qu'ici la coloration est due à de l'argent métallique très divisé ; comme son pouvoir colorant est très grand, on l'applique en couches excessivement minces ; à cet effet on divise l'oxyde ou le chlorure d'argent avec un *médium*, de l'argile broyée, par exemple, ou de l'oxyde de fer préparés par lévigation ; on amène ce mélange à l'état de bouillie claire que l'on répand d'une manière égale au pinceau ou par immersion sur la surface du verre à colorer, puis, après avoir fait sécher, on expose la pièce à la chaleur d'une moufle qui fume, et, à la sortie de la moufle, on brosse la pièce qui se trouve colorée en un beau jaune transparent ; la poudre que l'on brosse est soigneusement recueillie, car elle a encore une grande puissance colorante. On fabrique ainsi de très beaux services de table avec gravures en blanc qui se détachent sur un fond jaune.

6° *Jaune-verdâtre*, qui produit beaucoup d'effet en plein jour, mais qui paraît d'un blanc jaunâtre sale à une lumière artificielle. Ce jaune se prépare avec l'oxyde jaune d'urane du commerce ; mais comme ce dernier contient toujours des traces d'oxyde de fer, le verre jaune obtenu présente constamment dans la tranche une légère teinte verdâtre.

Vert. On distingue quatre sortes de vert :

1° *Vert d'herbe*, qui s'obtient par le protoxyde de chrôme ou un mélange de verre d'antimoine et d'oxyde de cobalt.

2° *Vert-bouteille*, qui se prépare avec l'oxyde de fer.

3° *Ancien vert-émeraude.* Se prépare avec l'oxyde de cuivre mélangé d'un peu de battitures de fer.

4° *Nouveau vert-émeraude.* Cette couleur, beaucoup plus belle que la précédente, mais aussi notablement plus chère, se prépare avec un mélange d'oxydes de nickel et d'urane.

Noir. Le noir se prépare avec un mélange à parties égales de peroxyde de manganèse, d'oxyde de cuivre et d'oxyde de cobalt, ou bien avec un mélange de battitures de fer, de peroxyde de manganèse et d'oxyde de cuivre ou de cobalt.

On sait que le platine et l'iridium en poudre mélangés avec de l'émail en poudre donnent une belle couleur noire non métallique. Nous pensons qu'employés d'une manière analogue au chlorure d'or dans la préparation des verres colorés en rouge par l'or, ils donneraient de très beaux verres noirs.

Hyacinthe. La couleur hyacinthe s'obtient avec beaucoup d'oxyde rouge de fer ou d'oxyde de nickel.

VERRES OPALINS. Le verre blanc laiteux jouant, l'albâtre ou l'opale, se prépare en général comme le verre blanc fin, auquel on ajoute seulement une quantité plus ou moins grande d'os calcinés à blanc et pulvérisés (phosphate de chaux des os), selon que l'on veut obtenir un verre plus ou moins opalin.

L'oxyde d'étain n'est employé que dans la fabrication des émaux, parce qu'il est beaucoup plus cher que la poudre d'os calcinés et qu'il en faut une bien plus grande quantité pour produire le même effet.

On fabrique en Bohême une grande quantité de verres opalins colorés en vert. Autrefois on les préparait en ajoutant au verre blanc un mélange de poudre d'os calcinés, d'oxyde jaune d'urane et de battitures de fer, mais cette couleur s'altérait à la longue par l'action de la lumière solaire ; on l'obtient actuellement bien plus belle et bien plus solide avec un mélange de poudre d'os calcinés, d'oxyde de jaune d'urane et d'oxyde de nickel.

Depuis très peu de temps on fabrique, en Bohême et en Silésie, le verre opalin ou *verre d'albâtre* par un nouveau procédé aussi simple qu'ingénieux. La composition de ce verre ne diffère point de celle du verre blanc ordinaire. Aussitôt que le verre est fondu, on le puise et on l'étonne ; on introduit ensuite dans le pot une nouvelle charge à laquelle on ajoute, lorsque la fusion est complète, le verre précédemment étonné et froid, ce qui refroidit la masse, et, aussitôt qu'elle est fondue, on la travaille à la température la plus basse possible : le verre reste d'un blanc laiteux, tandis que, si l'on eût donné un coup de feu et notablement plus élevé la température, le verre fût redevenu incolore et transparent.

Si dans l'opération ci-dessus le verre étonné a été primitivement coloré par de l'oxyde ou du sulfate de cuivre, le verre laiteux obtenu sera coloré en bleu-turquoise.

HYALITHE. On donne le nom d'*hyalithe* à un verre complétement opaque, habituellement noir, qui se distingue par une dureté et un éclat vraiment remarquables, et se marie très bien avec l'or. On peut sans nul inconvénient l'employer à la fabrication de vases destinés à renfermer des liqueurs bouillantes, tels que théières, tasses à café, etc., sans craindre qu'il lui arrive de se rompre. On l'a fabriqué pour la première fois en 1820, dans les belles usines que M. le comte de Buquoi possède en Bohême.

Pour préparer l'hyalithe noir on ajoute aux éléments du verre blanc ordinaire un mélange de poudre d'os calcinés, de scories de forge pauvres pulvérisées, et de poussier de charbon en certain excès. Souvent il arrive que la fusion du verre n'est pas complète et qu'il est encore bulleux, parce que le mélange ou le dosage des matières n'est pas bien fait ; il faut alors étonner le

verre obtenu, le bocarder de nouveau et le refondre après y avoir ajouté ce qui pouvait y manquer. On peut remplacer les scories de forge par du basalte ou de la lave.

Si on n'ajoute pas assez de charbon, le verre prend une couleur verte plus ou moins foncée, et par la taille présente des bigarrures très régulières.

Il en est de même de l'hyalithe jaune brun plus ou moins foncé, que l'on obtient en remplaçant les scories de forge par les scories du travail d'une galène argentifère au fourneau à manche.

On obtient aussi de l'hyalithe rouge avec un mélange de poudre d'os calcinés, d'oxyde de cuivre et de charbon. — Toutes ces variétés sont susceptibles de se marbrer par la taille.

La coloration en noir de l'hyalithe peut probablement s'expliquer comme il suit : en présence d'un excès de silice l'oxyde de fer n'est pas réduit, il est seulement ramené par le charbon à l'état de protoxyde et tend à colorer le verre en vert-foncé. L'excès de charbon, probablement en transformant en sulfures la faible quantité de sulfates alcalins que renfermait la potasse employée, tend de son côté à colorer le verre en jaune topaze plus ou moins foncé, passant même dans certains cas au rouge-pourpre. Or l'on sait qu'on peut obtenir du noir par le mélange du vert et du rouge; la seule difficulté consiste donc à employer des proportions convenables d'oxyde de fer et de charbon.

Si la quantité de charbon est insuffisante, il est évident, d'après ce qu'il vient d'être dit, que l'hyalithe prendra une teinte verdâtre; l'expérience prouve qu'il est alors composé de couches concentriques ayant des nuances différentes, que l'on met en évidence par la taille ; doit-on attribuer la formation de ces zones, analogue à celle que présentent beaucoup de laitiers de hauts-fourneaux, à une sorte de dévitrification, à une oxydation ou à une réduction, qui se propage de l'extérieur à l'intérieur pendant le travail et le recuit? — c'est ce qu'on ne saurait décider sans quelques essais qui n'ont pas été faits.

Tout ce que nous venons de dire relativement à l'hyalithe noire et l'hyalithe vert zonè, s'applique également aux autres hyalithes.

En résumé, on peut dire que l'hyalithe est propre à remplacer la porcelaine dans un grand nombre de cas, jouit de beaucoup d'éclat et est susceptible de recevoir un poli parfait. Il serait à désirer que la fabrication de ce produit s'introduisît en France. (AVENTURINE, voyez *Complément.*)

VERRES FILIGRANÉS. La fabrication des verres filigranés est connue depuis des siècles des Vénitiens et des Bohêmes; néanmoins leurs procédés étaient demeurés secrets, et c'est à M. Bontemps, le directeur de la cristallerie de Choisy-le-Roi, que nous avons déjà cité dans cet article en parlant de la fabrication des verres d'optique, que l'on doit les essais qui firent renaître en France cette industrie. Actuellement la fabrique de M. Nocus, à Saint-Mandé, près Paris, et la cristallerie de Saint-Louis livrent au commerce une grande quantité de verres filigranés. Nous allons décrire la fabrication de ces verres, d'après M. Bontemps.

On donne le nom de *verres filigranés* à des verres dans lesquels s'enlacent mille filets de verre blanc opaque ou coloré, en affectant une foule de formes diverses, qui, bien que séparément irrégulières, présentent en général dans leur ensemble une sorte de symétrie.

Les verres filigranés sont composés d'un certain nombre d'éléments fabriqués à part ; ainsi un vase quelconque est formé de vingt, de trente, ... baguettes juxtaposées, réunies par la chaleur du four de travail et soufflées ensuite comme une masse unique de verre. Supposons d'abord ces baguettes à filets fabriquées : nous expliquerons plus loin leur fabrication. On les place contre la paroi intérieure d'un moule cylindrique en métal. ou en terre à creusets, et on les fixe au fond du moule au moyen d'une petite couche en terre molle, dans laquelle on fixe leurs extrémités ; on fait chauffer ce moule auprès du four de verrerie, non pas jusqu'à ramollir les baguettes, mais seulement assez pour les rendre susceptibles d'être touchées par du verre chaud sans se briser ; puis, avec une canne, on prend dans un creuset du verre ou du cristal transparent en petite quantité, et on souffle une petite *paraison* (c'est-à-dire une préparation de pièce) cylindrique d'un diamètre un peu moindre que le vide que laissent entre elles les petites baguettes dans le moule ; on chauffe fortement la paraison, on l'introduit dans l'intérieur du moule, et on souffle de manière à la presser contre les baguettes ; celles-ci ne tardent pas à adhérer à la paraison, de telle sorte que, en élevant la canne et retenant le moule, cette paraison entraîne avec elle les petites baguettes ; on réchauffe le tout de manière à rendre l'adhérence complète et à ramollir les baguettes, puis on marbre, c'est-à-dire qu'on roule le tout sur une plaque de fonte polie; on réchauffe encore, on souffle un peu, et on *tranche* avec les *fers* (sorte de pince) un peu au-dessus du fond, de manière à réunir les baguettes en un point central ; on obtient ainsi une masse que l'on travaille comme une paraison ordinaire. Par les opérations de marbrer et de souffler, les baguettes se trouvent aplaties extérieurement et intérieurement, ce qui produit sur les dessins des filigranes les effets que nous remarquerons en parlant plus loin en détail des baguettes. Si l'on n'a donné aucun mouvement de torsion à la paraison, les dessins restent longitudinaux comme les baguettes et dans des plans passant par l'axe de la pièce ; mais, si, après avoir fait adhérer les baguettes, on imprime un mouvement de rotation sur elle-même à la canne en retenant l'extrémité inférieure des baguettes avec les *fers*, on produit une torsion qui donne aux baguettes une direction en spirale qu'elles conservent quand on termine la pièce par les moyens ordinaires. Il est plus difficile de maintenir les baguettes dans leur position primitive, dans un plan passant par l'axe de la pièce ; il faut que l'ouvrier ait la main très légère pour qu'en modulant sa pièce il n'imprime pas près du *pontil*, et surtout à l'évasement de la pièce, un léger mouvement de torsion.

Après avoir indiqué de quelle manière on fabrique les pièces filigranées quand on a les baguettes qui en forment les éléments, nous allons passer à la fabrication de ces baguettes. La base de toutes est un filet simple enveloppé de verre transparent. Pour faire les filets simples, on prépare d'abord du verre blanc rendu opaque au moyen de l'oxyde d'étain. On prend au bout de la canne, dans le creuset, environ 200 grammes de verre opaque, on marbre ce verre de manière à en former un cylindre de $0^m,06$ à $0^m,08$ de longueur, on le laisse un peu refroidir, puis on le plonge dans du verre blanc transparent en fusion, de manière à lui former une enveloppe d'environ $0^m,005$ d'épaisseur ; on marbre de nouveau, puis, chauffant fortement et appliquant ensuite à l'extrémité opposée à la canne un *pontil* garni de verre chaud, on étire ce cylindre comme un tube, jusqu'à ce que son diamètre soit réduit environ à $0^m,004$ ou $0^m,006$; enfin, on partage cette *tirée* en fragments ayant ordinairement de $0^m,08$ à $0^m,05$ de longueur Outre ces baguettes à filets simples, il faut aussi préparer des baguettes semblables en verre transparent.

Pour obtenir des baguettes à filets en spirales rapprochées, qui, par leur aplatissement, produisent des réseaux à mailles égales, on garnit l'intérieur d'un moule en métal ou en terre, semblable à celui dont nous avons parlé plus haut, de baguettes à filets simples alternant avec des baguettes en verre transparent, puis on prend,

VERRE.

reçoit d'une canne, du verre transparent dont on forme un cylindre massif qui puisse entrer dans le moule garni de baguettes, et chauffé préalablement un peu au-dessous du rouge ; on chauffe fortement ce cylindre et on l'introduit dans le moule où on le refoule de manière a presser les baguettes qui adhèrent ainsi contre le verre transparent ; puis, retirant le moule, on enlève la canne et on entraîne ainsi les baguettes avec le cylindre ; on chauffe encore et on marbre pour rendre l'adhérence plus complète ; enfin, chauffant l'extrémité du cylindre, on tranche d'abord cette extrémité avec les fers, on la chauffe de nouveau, on la saisit avec une pincette ou avec les fers, et on la tire de longueur avec la main droite pendant que de la main gauche on fait tourner rapidement la canne sur les *bardelles* du banc de verrier. Pendant que l'extrémité de la colonne s'allonge, les filets s'enroulent en spirale autour d'elle. Quand on a amené, à l'extrémité, une baguette de la dimension voulue, environ 0^{m},006 de diamètre, et que les filets sont suffisamment enroulés, on tranche avec la pincette, on chauffe de nouveau l'extrémité de la baguette, et, la saisissant et l'étirant pendant qu'on roule rapidement la canne, on confectionne une nouvelle baguette, et ainsi de suite jusqu'à ce que toute la colonne soit étirée.

Pour fabriquer des baguettes qui par leur aplatissement produisent des filets en quadrilles, on place dans le moule, aux deux extrémités d'un seul diamètre, trois ou quatre baguettes à filets simples alternées avec des baguettes en verre transparent ; on garnit ensuite le reste de la capacité intérieure du moule de baguettes transparentes, afin de maintenir les baguettes à filets dans leur position, et on opère comme précédemment.

Pour obtenir des baguettes produisant, par leur aplatissement, des grains de chapelet, on fait une *paraison* soufflée dont on ouvre l'extrémité opposée à la canne, de manière à produire un petit cylindre ouvert ; on l'aplatit afin de ne donner passage qu'à des baguettes, et on introduit dans le fourreau ainsi formé quatre, cinq ou six baguettes à filets simples, alternées avec des baguettes de verre transparent ; on réchauffe, on ferme l'extrémité opposée à la canne, puis on presse sur la paraison plate tandis qu'un aide aspire l'air de la canne de manière à le faire sortir de la paraison et à produire un massif plat dans lequel sont logés les filets. On rapporte successivement une petite masse de verre chaud transparent sur chacune des parties plates de la paraison, et on marbre pour cylindrer la masse : on obtient ainsi une petite colonne dans l'intérieur de laquelle sont rangés, sur un même diamètre, les filets opaques ; on procède ensuite comme pour les baguettes précédentes en chauffant et étirant l'extrémité pendant qu'on roule rapidement la canne sur les *bardelles*. Par ce mouvement de torsion, la ligne des filets se présente alternativement de face et de profil, et produit des grains de chapelet.

Il arrive souvent que l'on combine ces grains avec les quadrilles des baguettes précédentes, en introduisant, dans le moule préparé pour les baguettes à quadrilles, le cylindre préparé pour les grains de chapelet. Du reste, les combinaisons que nous venons d'indiquer mettent sur la voie d'une foule d'autres que le verrier peut opérer.

Quelquefois on ménage, au centre d'une des baguettes, un filet en zig-zag, ordinairement coloré : pour cela on prépare un premier cylindre massif en verre transparent d'un diamètre moitié de celui que l'on veut étirer, et on fait adhérer le long d'une des arêtes de ce cylindre, une petite baguette colorée ; on recouvre le tout d'une nouvelle couche de verre transparent d'épaisseur suffisante pour produire le cylindre destiné à entrer dans le moule des baguettes à filets. La petite colonne colorée, n'étant pas au centre du cylindre, tournera en spirale autour de ce centre par le mouvement d'étirage et de torsion, et produira un zig-zag par l'aplatissement.

Parmi les pièces de Venise, et ce sont peut-être les plus remarquables, il en est qui présentent un réseau de filets simples à mailles égales dont chacune renferme une bulle d'air : ce genre est le plus difficile à produire ; on y parvient, toutefois, en soufflant une première paraison à filets simples tordus, puis une deuxième paraison à filets simples tordus en sens inverse ; on ouvre l'une de ces paraisons et on y introduit l'autre de manière à les faire adhérer ; les filets se croisent alors et produisent des mailles qui sont égales si les paraisons ont été bien préparées. Si le verre opaque est dur, les cannelures produites par les baguettes se maintiennent à un certain degré quand on souffle la paraison ; ces cannelures tordues en sens inverse venant à se croiser quand on engage l'une des paraisons dans l'autre, une bulle d'air restera renfermée dans chaque maille quand les deux paraisons seront réunies ; on termine ensuite la pièce comme à l'ordinaire.

Verres mosaïques. Indépendamment des verres filigranés, les anciens, les Vénitiens et les Allemands ont fabriqués, par des procédés analogues, des verres mosaïques plus connus sous le nom de *millefiori*. Voici, également d'après M. Bontemps, la manière d'opérer :

Les éléments, au lieu d'être des baguettes, sont des tronçons de baguettes dont la section présente des étoiles ou autres formes symétriques composées de plusieurs couleurs ; par exemple, on forme, au bout d'une canne, un petit cylindre en verre rouge massif autour duquel on applique cinq ou six cueillages de verre bleu-turquoise qu'on façonne avec une pincette pour former des ailes prismatiques triangulaires dont la base est sur le cylindre rouge, puis on remplit les intervalles entre ces ailes avec du verre d'une autre couleur, soit blanc-opaque ou jaune ; on marbre et on enveloppe le tout d'une couche de verre de couleur transparente, soit violet-clair ; on peut ensuite introduire cette colonne dans un moule garni intérieurement de baguettes d'une autre couleur, soit blanc-opaque, qui, par leur section, feront un tour de perles blanches. Enfin, quand on a composé la colonne comme on le désire, on la chauffe fortement et on l'étire à la grosseur de 0^{m},010 à 0^{m},012 ; on peut faire varier à l'infini les formes et les couleurs des sections. On tranche ensuite les colonnettes en tronçons d'environ 0^{m},010 de longueur, et c'est avec ces tronçons qu'on compose les pièces mosaïques ou *millefiori ;* pour cela on garnit de tronçons l'intérieur d'un moule, et l'on fait chauffer au rouge-brun, puis on souffle une paraison à laquelle on donne à peu près la forme du moule ; on la réchauffe et on l'engage dans le moule, de manière à faire adhérer les tronçons contre la paraison ; on réchauffe de nouveau, on souffle, on marbre, et on opère enfin par les moyens ordinaires. Une méthode préférable consiste à faire une paraison dont on fait revenir intérieurement le fond vers la canne, de telle sorte que cette paraison, étant détachée de la canne, présente une ouverture circulaire composée de deux parois concentriques ; on laisse refroidir, puis, on introduit entre ces parois des tronçons de baguettes afin de remplir autant que possible tout le vide ; on réchauffe peu à peu cette paraison, on prépare une canne dont l'extrémité est garnie d'un disque de verre chaud qui n'intercepte pas le trou de la canne, on adapte ce disque contre le bord supérieur de la paraison et on aspire par la canne l'air renfermé entre les tronçons et les parois de la paraison ; enfin, prenant une autre canne préparée de la même manière, on l'applique contre le côté opposé de la paraison que l'on détache de la première canne : l'intérieur du fond rentré formera alors l'intérieur de la paraison que l'on souffle avec la

deuxième canne, et que l'on travaille par les procédés ordinaires.

TAILLE DES VERRES. Les cristaux ordinaires sont en général moulés, les verres fins dits cristaux de Bohême, au contraire, sont toujours taillés. On se sert à cet effet de meules verticales en fer, en pierre ou en bois, mues avec le pied des ouvriers, ou plus souvent par une roue hydraulique et l'intermédiaire de courroies sans fin ; ces meules J *b* sont montées sur une espèce de tour A B C, comme l'indiquent les fig 2548 et 2549 :

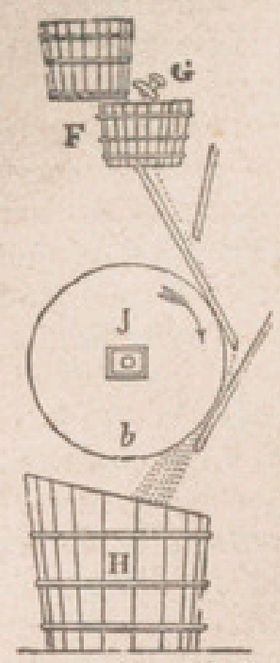


Fig. 2548.

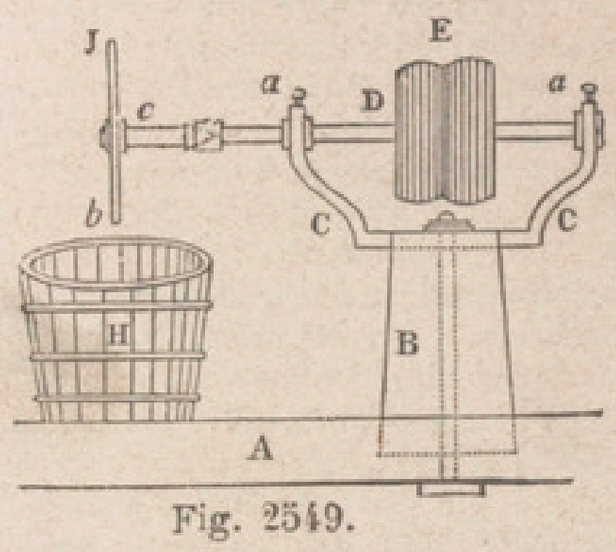


Fig. 2549.

a, *a*, sont les coussinets qui supportent l'arbre du tour, D et E sont les poulies sur lesquelles on place la courroie sans fin motrice.

Les meules en fer servent à dégrossir les pièces; l'eau y arrive continuellement à l'aide d'un sabot placé au-dessus et percé au bout d'un trou bouché par quelques brins de paille, de sorte que l'écoulement se fasse en filet très-mince ; au-dessous de la meule, il y a un baquet H contenant du sable que l'ouvrier prend avec la main pour le jeter sur la meule, etc. D'autres fois l'eau arrivant d'un réservoir dont le débit est réglé par le robinet G, tombe d'abord dans un vase F rempli de sable dont elle entraîne une partie avec elle sur la meule. Les pièces sont ensuite passées sur des meules en grès, puis sur des meules en bois, d'abord avec les boues des sables précédemment employés, puis avec de l'émeri de plus en plus fin, et enfin on les termine avec de la potée d'étain que l'on met souvent sur une meule à sec recouverte d'une étoffe de laine. On se sert pour tailler et polir les verres, tantôt des faces planes et latérales des meules, tantôt de leur partie cylindrique ou de leurs arêtes, suivant les pièces qu'il s'agit de tailler.

Il est difficile de concevoir, sans les avoir vues, la finesse des décorations qu'il est possible d'obtenir avec un outil aussi grossier que la roue à tailler. C'est par des procédés plus voisins de ceux des procédés de gravure sur métaux qu'on devait arriver et qu'on arrive, en effet, à des décorations délicates, la roue étant réservé au travail des facettes à obtenir en enlevant des quantités de matière considérables.

Depuis quelques années on dépolit à l'intérieur beaucoup de globes pour les lampes; cette opération est très-simple : elle consiste à mettre dans les globes une certaine quantité de sable d'un grain égal, à boucher ensuite les globes, et à les emballer dans un tambour auquel on communique un mouvement de rotation ; la surface intérieure des globes se trouve très-également dépolie dans une espace de temps très-court.

Gravure du verre par l'acide fluorhydrique. — On sait depuis longtemps que l'acide fluorhydrique attaque le verre, et qu'on peut le graver au moyen de cet agent chimique. On l'emploie depuis assez longtemps, soit gazeux, soit liquide pour les gravures délicates, armoiries, chiffres, etc.

En Angleterre, on fait ainsi depuis quelques années, sous le nom d'*embossage*, de fort belles décorations pour les riches habitations, les magasins, etc. qui ont l'inconvénient d'être assez chères. En effet, pour l'obtenir, on applique au pinceau, à la main, sur des glaces ou des feuilles de verre, des matières grasses ou résineuses (le vernis formé de 4 parties de cire et 1 partie d'essence de térébenthine convient pour enlever au burin les parties à attaquer); on préserve ainsi les parties du verre qu'on ne veut pas laisser attaquer par l'acide fluorhydrique.

On conçoit que ce procédé soit coûteux; mais en substituant au travail direct de l'artiste les moyens mécaniques de décalquage et de transport, on a beaucoup diminué le prix de revient. Un brevet en pleine exploitation à Saint-Louis, est fondé sur la méthode suivante, qu'une expérience de plusieurs années a rendue parfaitement pratique.

On emploie comme matière grasse ou résineuse inattaquable par l'acide fluorhydrique, le bitume de Judée qui semble préférable à toute autre substance, surtout si l'on y ajoute le sixième de son poids de mastic en larmes; le tout est réduit en poudre impalpable.

Les dessins se font sur cuivre, plomb, étain, zinc, etc., ou sur papier, parchemin, étoffes apprêtées ou non.

Le dessin fait, on le perce à jour; si c'est sur métal, à l'aide des acides qui peuvent le dissoudre; si c'est sur du papier ou des étoffes, à l'aide d'instruments tranchants, d'emporte-pièces, ou de matrices faisant le dessin d'un seul coup.

Le dessin est disposé de façon à couvrir, comme réserve, les parties qui doivent être attaquées par l'acide. En supposant qu'on veuille faire des rinceaux pleins en blanc se détachant sur un fond bleu, on se sert du verre blanc doublé bleu; les parties formant le fond devront être recouvertes de bitume, le dessin doit les présenter sous forme de jours.

Le verre ou la glace étant placé sur une surface bien horizontale, on lui donne une légère couche d'un vernis ou corps gras quelconque; on préfère l'essence de térébenthine ; puis on applique le dessin sur cette couche encore fraîche, et l'on agite au-dessus un tamis très-fin renfermant la poudre d'asphalte. Quand la couche de bitume est suffisamment épaisse et adhérente, on relève l'espèce de vignette à jour qui forme le dessin. On a ainsi à nu les parties qui doivent être rongées, et en soumettant la glace ou la feuille de verre à l'action d'une douce chaleur, l'essence de térébenthine se combine avec l'asphalte et la gomme-mastic. Le tout, en fondant légèrement, se fixe au verre.

Les parties à jour du dessin étant ainsi reproduites sur le verre, on entoure ce dernier d'un bourrelet de cire molle, préparée à cet effet, et on verse sur le verre l'acide fluorhydrique étendu d'un tiers d'eau. Ce liquide, retenu par le bourrelet, reste environ 40 minutes étendu sur le verre, et le travail est terminé.

L'avantage incontestable de ce procédé consiste à remplacer le posage à la main à l'aide du pinceau du bitume liquide, par un moyen mécanique qui met en mouvement le bitume sec réduit en poudre, et obtenir ainsi, à bas prix, des décorations très-variées.

M. Kessler a amélioré le mode d'opérer de manière à obtenir des surfaces plus convenablement décorées, comme nous allons le dire, et permettre l'exécution de dessins très-délicats par l'application des procédés de décalquage et de gravure employés pour la décoration de la faïence, et en faisant mordre à l'acide fluo

rhydrique gazeux, dont le maniement offre malheureusement trop de dangers pour être vraiment pratique. Son procédé a été heureusement complété par MM. Tessié du Motay et Maréchal, sans revenir toutefois à la dissolution d'acide fluorhydrique, car, tandis que la dissolution aqueuse d'acide fluorhydrique produit sur le cristal et sur le verre des morsures brillantes, l'acide fluorhydrique gazeux produit un dépoli mat et adhérent plus convenable, en général, pour la décoration. En effet, l'acide fluorhydrique dilué forme soit avec le silicium et le métal du cristal, soit avec le silicium et le métal alcalino-terreux du verre, des fluosilicates de plomb et de calcium solubles dans la liqueur où ils prennent naissance, tandis que l'acide fluorhydrique gazeux forme du fluorure de silicium volatil et des fluorures de plomb et de calcium insolubles dans le milieu où ils s'engendrent.

La gravure mate produite par la réaction de l'acide fluorhydrique gazeux sur le cristal et sur le verre est, toutefois, un dépoli strié et d'épaisseur inégale; car l'eau engendrée par cette réaction, s'acidifiant peu à peu au contact de l'acide fluorhydrique gazeux, s'accumule en gouttelettes inégales et redissout partiellement et inégalement, les fluorures de plomb et de calcium formés.

La production des gravures mates par les vapeurs de l'acide fluorhydrique étant donc difficile à obtenir industriellement, les inventeurs dont nous parlons sont arrivés à produire pratiquement cette sorte de gravures, dans un bain où se dégage de l'acide fluorhydrique à l'état naissant au contact de l'acide silicique du cristal et du verre.

Pour générer l'acide fluorhydrique à l'état naissant, on a recours à la réaction qu'exercent les dissolutions aqueuses des acides hydrochlorique et acétique sur les fluorures et les fluorhydrates de fluorure des métaux alcalins.

Si à 1,000 grammes d'eau, par exemple, on ajoute 250 grammes de fluorhydrate de fluorure de potassium bien cristallisé et 250 grammes d'acide hydrochlorique du commerce, on obtient un bain où le cristal et le verre se dépolissent rapidement, mais le dépoli ainsi formé n'est ni assez épais ni assez régulier.

Pour rendre les fluorures de plomb ou de calcium peu ou point solubles dans le bain ci-dessus, et partant pour obtenir des dépolis épais et uniformes, il faut ajouter à ce bain du sulfate de potasse jusqu'à quasi-saturation de la liqueur, c'est-à-dire 140 grammes environ. Le sulfate d'ammoniaque ainsi que l'oxalate de potasse et quelques chlorures avides d'eau, tels que le chlorure de zinc, par exemple, peuvent remplacer le sulfate de potasse pour rendre insolubles dans le bain graveur les fluorures de plomb et de calcium.

DÉCORATION DES VERRES. La décoration des verres, outre les effets qui résultent du moulage et de la taille des verres simples et doublés, comprend la dorure, l'argenture, la platinure, l'incrustation et la peinture sur verre.

Dorure. Pour dorer les verres, on prend de l'or à peu près fin que l'on dissout dans l'eau régale, puis que l'on précipite de sa dissolution par de la potasse, ou mieux par du sulfate de protoxyde de fer, auquel cas la pureté de l'or primitivement employé est tout à fait indifférente. Le précipité qui se forme est recueilli sur un filtre, bien lavé à l'eau bouillante, complétement desséché, puis mêlé avec un peu de borax calciné et finement pulvérisé, et le tout est réduit en bouillie épaisse avec un peu d'essence de térébenthine. C'est cette bouillie que l'on applique à l'aide d'un pinceau sur le verre; on chauffe ensuite celui-ci au feu de moufle à une température assez élevée pour volatiliser complétement l'essence de térébenthine et vitrifier le borax. L'or se trouve ainsi solidement fixé sur le verre et il ne reste plus qu'à lui donner le bruni, ce qui se fait d'abord avec un polissoir de sanguine, puis avec un brunissoir en agate. On opère en un mot exactement comme pour dorer la porcelaine.

On dore surtout les verres rouges et noirs, l'hyalithe et quelquefois les verres bleus et verts.

Argenture. L'argenture se pratique absolument de la même manière que la dorure. On prépare la poudre d'argent, dont on a besoin, en précipitant le nitrate d'argent par un barreau de cuivre.

L'argent se marie surtout très-bien avec les verre opalins blancs, verts et bleus.

Platinure. La platinure est beaucoup moins usitée que l'argenture et la dorure, et s'exécute de même, en ayant soin de remplacer les poudres d'argent ou d'or par du noir de platine ou du chlorure double de platine et d'ammoniaque bien lavé. La couleur du platine s'approche plus de celle du blanc d'acier que de celle du blanc d'argent.

Incrustations. L'art d'incruster le verre paraît avoir été inventé en Bohême au XIII^e^ siècle; il s'était ensuite entièrement perdu et n'a été retrouvé que depuis peu. Il consiste à incruster dans le verre, lors du travail, de petites figures en argile blanche, que l'on recouvre ensuite d'une couche de verre transparent, et qui présentent, à s'y méprendre, le reflet et l'apparence de l'argent mat.

Peinture sur verre. Dans la peinture sur verre on emploie des fragments de verres colorés que l'on réunit avec des plombs, après les avoir découpés convenablement, pour faire les teintes plates, les ciels, les draperies, les ornements, etc. Les ombres, les têtes, les mains, etc., se font avec des *couleurs vitrifiables* que l'on cuit ensuite à la moufle; nous n'avons pas à revenir sur la préparation et l'application de ces couleurs, en ayant déjà parlé plus haut à VERRES COLORÉS, et M. Salvetat ayant traité en détail de cette question dans l'article ÉMAILLAGE du *Complément.* Ce qui caractérise surtout la peinture sur verre, c'est que le peintre fait souvent un emploi simultané des deux surfaces du verre. La surface placée du côté du spectateur reçoit toutes les ombres qui sont ainsi plus vives et mieux arrêtées. On y place aussi, en général, toutes les couleurs nuancées et on rejette tout l'enluminage du côté opposé; on peut alors se servir ainsi de couleurs qui s'entrenuiraient au contact et dont la superposition produit des teintes particulières.

VERRE A GLACES. La fabrication des glaces a longtemps été le monopole des Vénitiens qui le préparaient par un procédé de soufflage analogue à celui qu'on emploie pour la fabrication du verre à vitres en tables. Ce procédé fut importé en France en 1665 et on créa à Tour-la-Ville, près de Cherbourg, une manufacture de glace soufflées, qui n'a cessé d'exister qu'en 1808. Ce fut vingt-trois ans plus tard, en 1688, qu'Abraham Thévart imagina de couler les glaces; son établissement, construit d'abord dans la rue de Reuilly, au faubourg Saint-Antoine, fut transféré peu de temps après à Saint-Gobain, près la Fère, où il existe encore.

En France, on ne fait actuellement que des glaces coulées; en Allemagne, au contraire, nous ne connaissons qu'une seule fabrique de glaces coulées, dans le Bœhmerwaldgebirge; en revanche, à Venise et en Bohême, on y fabrique une grande quantité de glaces soufflées.

Glaces soufflées. Les glaces soufflées se fabriquent, comme nous venons de le dire, presque en totalité en Bohême et à Venise. Les glaces de Bohême sont toutes à base de potasse et présentent d'ordinaire une légère teinte verdâtre dans la tranche; la proportion d'alcali est plus forte que dans le verre à vitres blanc, ce qui les rend plus fusibles. On les fabrique dans des fours

généralement rectangulaires, contenant sur chaque banquette trois pots circulaires, dont la durée est de 3 à 4 mois et la charge de 180 kilogrammes. Il y a, par four de fusion, six fours d'étendage annexés à autant de fours à recuire et disposés tout à fait comme ceux dont nous avons parlé à l'article de la fabrication des verres à vitres, avec cette seule différence : 1° qu'ils ont des dimensions plus considérables; 2° que le combustible est chargé sur une grille latérale, séparée par un petit autel du four d'étendage, duquel la flamme passe ensuite dans le four à recuire. Il y a en tout deux tiseurs et cinq fondeurs employés au four de fusion et trois étendeurs aux fours d'étendage.

La manipulation est la même que pour le verre à vitres et consiste à souffler de grands cylindres que l'on ouvre ensuite suivant une génératrice; seulement elle offre plus de difficultés par suite du volume des pièces à manœuvrer. Après vingt-quatre heures de fusion, les cinq fondeurs se réunissent pour travailler le verre de l'un des pots, puis il se reposent pendant deux heures, passent à un second pot et ainsi de suite. Le travail de chaque pot dure environ deux heures, de sorte qu'une fonte complète dure quarante huit heures: on dépense, pendant ce temps, tant dans le four de fusion que les fours d'étendage, 54 stères de bois, soit 5 stères par 100 kilogrammes de matières frittées chargées dans les pots.

La plus grande glace soufflée, qui fut à l'exposition de Vienne, en 1845, avait $2^m,16$ sur $1^m,10$; c'est là une limite maximum, un véritable tour de force, que les glaces soufflées n'atteignent pas ordinairemet.

GLACES COULÉES. Dans l'usine que nous avons vue en Allemagne, les glaces coulées sont à base de potasse; en France et en Belgique elles sont à base de soude. L'épaisseur considérable qu'on est obligé de leur donner quand elles ont de grandes dimensions, tant à cause de l'usure qu'elles doivent subir par le polissage que pour leur procurer une résistance suffisante, les rend sujettes à renfermer, dans la masse du verre qui les compose, des bulles ou des stries qui réfléchissent les objets en différents sens de manière à défigurer les images; on cherche autant que possible à prévenir ces défauts en employant des matières très-pures, en augmentant la fusibilité du verre par une plus forte proportion d'alcali, et en lui faisant subir un affinage prolongé. Voici, d'après M. Dumas, la composition de deux verres à glaces différents :

	(1)	(2)
Silice	0,759	0,7385
Potasse	—	0,0550
Soude	0,175	0,1205
Chaux	0,038	0,0560
Alumine	0,028	0,0350
	1,000	1,0050

Pendant longtemps on a exclusivement chauffé au bois les fours de fusion, mais on a reconnu qu'on pouvait tout aussi bien employer la houille; il n'est même pas nécessaire, dans ce dernier cas, de couvrir les pots; il suffit de laisser la matière séjourner deux ou trois heures de plus dans les pots et dans les cuvettes.

Les fours sont carrés ou rectangulaires; on leur annexe ordinairement des fours, chauffés à flammes perdues, dans lesquels on cuit les pots et les cuvettes, et fritte les matières premières. On place dans les fours de fusion deux sortes de creusets, les *pots* et les *cuvettes;* les premiers servent à opérer la fusion; les autres à recevoir le verre fondu, qui achève de s'y affiner. Trois pots contiennent la matière pour six petites cuvettes, ou pour trois grandes servant pour les glaces de grandes dimensions. Depuis peu on construit des fours à six pots et à douze cuvettes et des cuvettes de trois grandeurs; ces dernières ont la forme d'une pyramide tronquée et renversée, à base carrée pour les petites, et à base rectangle pour les moyennes et les grandes. Vers le milieu de leur hauteur, on ménage un renfoncement qui règne tout autour, et qu'on nomme ceinture de la cuvette; c'est par là qu'on les saisit avec les tenailles, après avoir enlevé la tuile qui forme la paroi correspondante du four.

Voici la composition moyenne du mélange chargé à Saint-Gobain, dans les pots :

Sable très-blanc	300
Carbonate de soude sec	100
Chaux éteinte à l'air	43
Calcin	300

Le calcin n'est introduit dans le mélange qu'après le frittage, et après avoir été lui-même étonné à part et pulvérisé.

Je reproduirai ici, d'après M. Valerio, ancien directeur de la glacerie d'Aix-la-Chapelle, la description de la fabrication des glaces coulées telles qu'elle s'effectue dans les grands ateliers.

Le four de fusion à douze cuvettes, représenté dans le dessin, est elliptique.

La grille, dont la largeur est de $0^m,60$, occupe toute la longueur du four, soit $5^m,30$. Autour de la grille, règne symétriquement une banquette ou siége sur laquelle sont placés les pots ou cuvettes renfermant les matières à fondre.

Douze ouvreaux, dont le seuil est au niveau de la banquette, servent à introduire et à sortir les pots. Ils sont fermés avec une grande brique qu'on nomme *tuile d'ouvreau.* Au-dessus de ces portes sont des ouvertures plus petites, qu'on ferme avec des plaques en terre réfractaire percées de plusieurs trous, qu'on nomme *pigeonniers.* En enlevant ces plaques, les ouvriers introduisent par ces ouvertures la composition dans les pots au moyen de pelles ayant la forme de boîtes carrées fixées à l'extrémité d'un long manche. Les trous du pigeonnier permettent de juger de la température du four; ils sont bouchés avec de la terre pendant une partie du temps nécessaire à la fonte.

La grille est découverte sur les deux tiers environ de sa longueur. A ses extrémités, elle passe sous une tonnelle ou voûte pratiquée dans le massif du siége. Au-dessous se trouve une voûte circulaire ou rond-point, à laquelle viennent aboutir quatre galeries qui se coupent à angle droit, pour amener l'air nécessaire à la combustion.

Des escaliers conduisent de la halle au rond-point, où l'ouvrier tiseur doit souvent descendre pour piquer son feu par-dessous. Le sol autour du four est formé de dalles en fonte, afin d'avoir une aire unie et résistante pour la manœuvre des cuvettes.

Toutes les briques ou pièces de l'intérieur du four sont en matériaux aussi réfractaires que possible. On construit ordinairement en briques crues, c'est-à-dire qui ne reçoivent la cuisson que par la mise en feu du four.

Le siége est d'un seul morceau; il est fait avec un mélange, dans les proportions convenables, de terre crue pulvérisée et de terre calcinée en gros grains. Ce mélange, légèrement humecté d'eau, est énergiquement pilonné avec des dames en bois; le battage sert à relier entre elles toutes les parties qu'on ajoute par couches superposées et leur donner de l'homogénéité. A mesure que le siége se monte, on fait suivre une corde de chanvre arrêtée à un de ses bouts et servant de guide au travail; on la laisse emprisonné dans la masse. Quand le four est achevé, on y fait un feu très-doux dans les premiers jours, sans quoi le siége, fait d'ailleurs avec de bons matériaux, serait promptement détruit. Lorsque la chaleur pénètre dans la

VERRE.

masse, les cordes brûlent en laissant des vides qui facilitent le dégagement de l'humidité.

Quand le four est en activité, la flamme monte à la voûte du four, circule autour des cuvettes et s'échappe dans les petites cheminées, pratiquées dans l'intérieur des pieds droits du four, pour se rendre dans une grande cheminée centrale en tôle A, munie d'une hotte qui recouvre tout le four et entraîne au dehors les produits de la combustion.

Enfin, dans quelques fours, une sorte de chemise composée de douze rideaux en tôle, tournant sur charnières, ferme l'espace compris entre le dessous de la hotte et la partie supérieure des ouvreaux, de sorte que les pigeonniers sont masqués par ces rideaux, et que l'air froid n'afflue pas sous la hotte. A Floreffe, ces rideaux descendent jusqu'au sol de la halle; le tirage est tellement actif qu'on peut s'enfermer sous cette chemise sans ressentir une trop forte chaleur.

Le four est placé dans l'axe d'une halle de 26 mètres de largeur qui contient quatre fours espacés de 16 mètres, de centre à centre; de chaque côté des fours, et parallèlement au grand axe de la halle, sont placés symétriquement les fours à recuire les glaces ou *carcaisses*, B.

De distance en distance, à la place d'une carcaisse se trouvent des fours à cuire les cuvettes et les briques.

La table à couler C, se meut sur des galets et des rails en fer; à l'un de ses bouts se trouve la grue mobile D, destinée à manœuvrer les cuvettes.

Chaque carcaisse a trois foyers pour le chauffage, une large ouverture à l'avant pour entrer et sortir les glaces, des ouvertures pour donner graduellement accès à l'air froid quand on veut refroidir le four, un carneau pour conduire les fumées à une cheminée desservant plusieurs carcaisses.

La construction de la sole de ces fours exige des soins particuliers : les briques, bien dressées sur toutes leurs faces, sont placées de champ, reposant sur une couche de sable tamisé, d'un grain uniforme et bien sec; elles sont juxtaposées, sans ciment, toutes les parties de la sole devant se dilater librement : le dresseur de carcaisses vérifie souvent, au moyen d'une longue règle et d'un niveau, la sole de ces fours qui doit être parfaitement plane.

Autrefois le verre était fondu dans des pots, puis transvasé et affiné dans d'autres qu'on enlevait avec la grue pour le déverser sur la table de coulage comme il a été dit plus haut. Ce transvasement, qu'on appelait *trejétage*, est aujourd'hui abandonné. La fonte, l'affinage, le coulage se font avec le même pot ou cuvette.

Les cuvettes sont, suivant les usines, tantôt à section rectangulaire avec les angles arrondis, tantôt rondes ou ovales. Les dernières paraissent devoir être préférées, parce qu'elles occupent moins de place dans le four. Elles ont de 75 centimètres à 1 mètre de hauteur; leur épaisseur est de 6 à 7 centimètres pour les côtés et de 10 centimètres pour le fond. Elles contiennent de 300 à 500 kil. de verre fondu.

Elles portent à la ceinture, sur le pourtour extérieur, vers le milieu de la hauteur, une rainure creuse qui permet de les saisir fortement avec les tenailles (fig. 2550, F). Leur confection est la même que celle des pots ordinaires de verrerie; la façon doit en être aussi soignée que possible, car elles sont exposées à plus de fatigue. Lorsque leur fabrication est terminée, on les laisse sécher à l'étuve, pendant quatre à six mois; on les cuit dans un four spécial, qui en renferme toujours cinq à six, et on les introduit déjà rouges dans le four de fusion.

Une cuvette de bonne qualité fournit, en moyenne, 30 coulées.

Supposons que la coulée vienne d'être faite; le four de fusion est garni de ses douze cuvettes vides, qu'on vient de replacer successivement sur leur siége. Le tiseur réchauffe son four. Quelques heures après, on enfourne une partie de la composition de manière à remplir les cuvettes. La matière, en fondant, prend un retrait considérable, et bientôt elle n'offre plus que le tiers ou le quart de son volume primitif. Trois heures après, on fait un deuxième enfournement, puis un troisième, après un même laps de temps. Si la fonte ne se fait pas également bien dans toutes les cuvettes, le tiseur s'en aperçoit et fait mettre quelques pelletées de calcin dans le pot qui se trouve en retard.

Sept à huit heures après, le verre est fondu; mais il est rempli de bulles, qu'un feu violent et soutenu doit faire disparaître; c'est ce qu'on appelle l'*affinage* qui dure cinq à six heures.

Au bout de ce temps, le verre a pris une transparence complète : seulement il est trop chaud, trop liquide pour être coulé. Il faut le laisser reposer pendant quelques heures dans les cuvettes, en modérant la température, dans le but de lui donner un état convenablement pâteux; cette phase de la fonte est ce qu'on nomme *faire la braise*.

En somme, la *fusion des matières*, l'*affinage*, la *braise* durent vingt-quatre heures. On coule, par exemple, tous les matins, de six heures à sept heures. Dans quelques établissements, la coulée se fait au bout de dix-huit à vingt heures.

La consommation d'un four est de 5,000 à 7,000 kil. de houille par coulée; un four à douze cuvettes peut fournir 80 à 100 mètres superficiels de glaces de 10 millimètres d'épaisseur, pesant 25 kil. le mètre carré, soit 2,000 à 2,500 kil.

La *coulée* des glaces est l'une des opérations industrielles les plus hardies, les plus curieuses qu'on puisse voir. Elle exige beaucoup d'ensemble et de promptitude. En moins d'une heure, il faut couler douze glaces ayant chacune, en moyenne, de 6 à 8 mètres superficiels, les enfourner dans les carcaisses et rentrer les cuvettes dans le four. M. Valerio compare cette opération à la manœuvre d'une pièce d'artillerie, près de laquelle chaque homme est à son poste, attentif au commandement du chef. La description de ce genre de travail, tout différent des opérations auxquelles le verre avait jamais été soumis, fera comprendre le mérite de l'invention et de l'organisation de cette belle fabrication.

Des ouvriers enlèvent vivement, avec une longue fourche montée sur roues, la tuile d'ouvreau qui masque le creuset, en introduisant les extrémités de la fourche dans les deux trous pratiqués dans cette tuile qu'ils déposent contre la paroi extérieure du four.

La cuvette est aussitôt saisie à la ceinture avec une grande tenaille montée sur roues; on pèse sur elle et on l'enlève pour la poser sur un petit chariot en fer, qu'on traîne au pas de course au pied de la grue ou potence. On *écrème* le verre. Cette opération consiste à enlever, au moyen d'instruments plats ou recourbé qu'on nomme sabres, grapins, etc., les saletés qui se trouvent à la surface du verre.

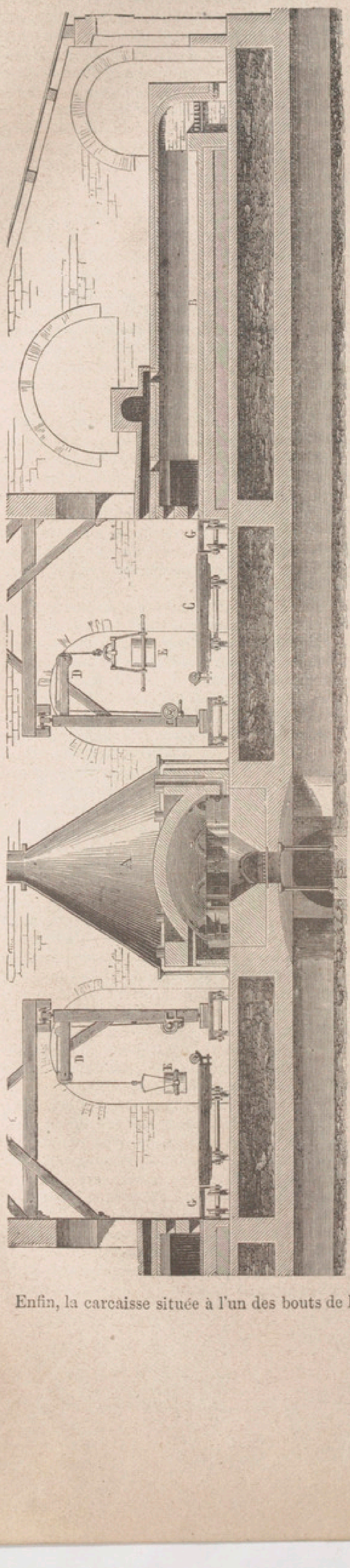
Une tenaille, terminée par deux longues branches, saisit la cuvette à sa ceinture; cette tenaille est suspendue par des chaînes en fer, qui passent sur une poulie située au haut de la potence, et qui s'enroulent sur un tambour placé à sa partie inférieure.

On nettoie alors la cuvette à l'extérieur afin qu'aucune ordure ne puisse tomber sur la table.

Au-dessous de la cuvette, ainsi suspendue (fig. 2550, E), se trouve la table en fonte sur laquelle le verre va s'étaler. Elle est chaude et vient d'être nettoyée; elle est munie des tringles mobiles qui doivent donner à

VERRE.

la glace son épaisseur et sa largeur : sur ces tringles repose le rouleau en fonte servant à laminer le verre



et au même niveau, est à la température voulue pour recevoir les glaces qu'on va couler : on a passé sur sa sole un grand rable en bois pour la nettoyer et pour égaliser le peu de sable qu'on y a répandu pour faciliter le glissement des glaces.

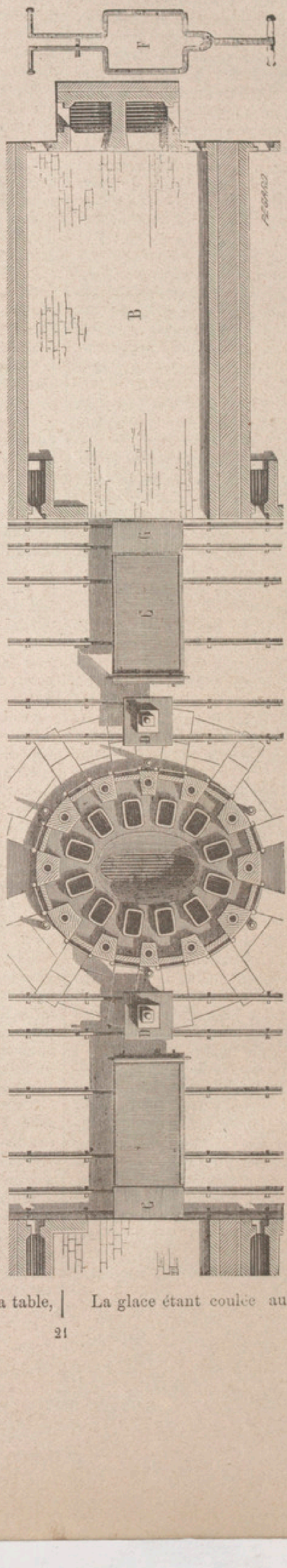


Fig. 2550.

Tous ces préparatifs étant faits, la cuvette, suspendue à un mètre environ au-dessus de la table, reçoit un mouvement de bascule qui fait verser le verre le long du rouleau. La masse vitreuse s'écoule comme un flot de lave incandescente. On relève aussitôt la cuvette et on l'écarte en y laissant une certaine quantité de verre qui, ordinairement, est impur. Le rouleau est immédiatement mis en jeu; guidé sur les tringles, il parcourt la table d'une extrémité à l'autre en étendant uniformément le verre. Il vient tomber en contre-bas sur un chariot mobile disposé pour le recevoir à la fin de sa course.

Deux mains en cuivre, placées sur les tringles et qui suivent le mouvement du rouleau, maintiennent le verre et l'empêchent de passer sur les côtés. Une glace qui présente des bavures est une glace perdue, qui casse infailliblement pendant qu'on la recuit dans la carcaisse.

La figure 2550 *bis* représente le détail de la table; on y remarquera les règles de bronze *t*, *t* qui déterminent l'épaisseur de la glace et sur lesquelles appuie le rouleau, et comment la tenaille F permet, au moyen des poignées dont elle est munie, d'incliner la cuvette T de manière à verser le verre sur la table en raison du mouvement du rouleau.

Enfin, la carcaisse située à l'un des bouts de la table, | La glace étant coulée au moyen d'une large pelle

en équerre, on la pousse encore rouge et à peine rigide dans la carcaisse.

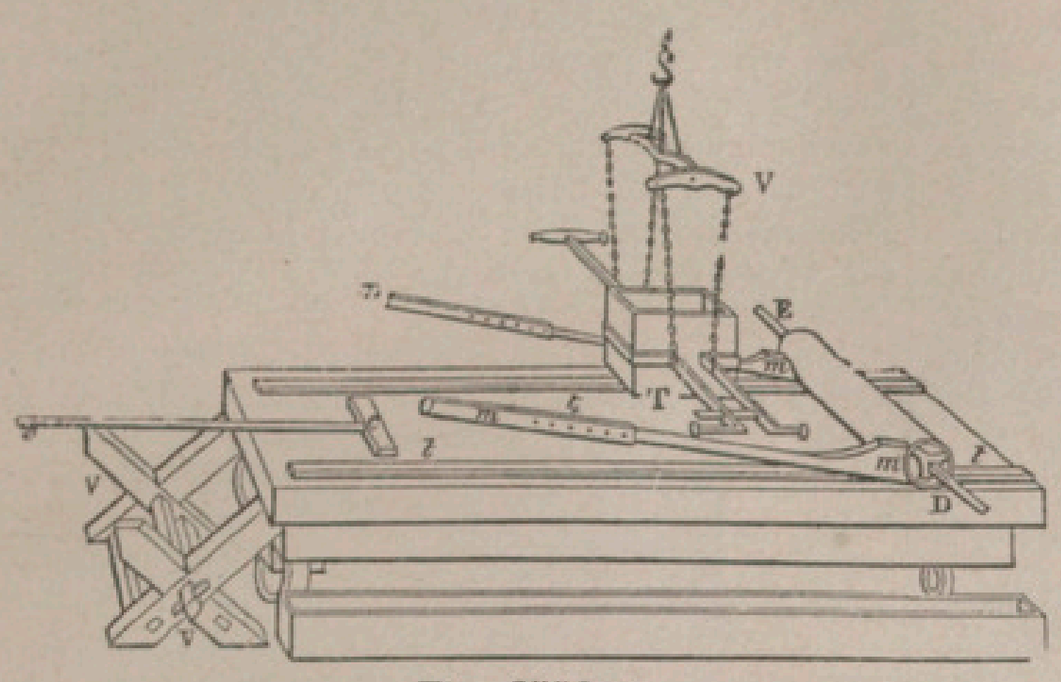


Fig. 2550 *bis*.

Pendant que ces opérations s'exécutent, des ouvriers ont ramené dans le four la cuvette vidée. On a préalablement projeté sur l'emplacement qu'elle y occupe du charbon menu, afin d'empêcher, dans les fontes suivantes, l'adhérence de la cuvette avec le siége, par suite du verre répandu qui peut s'y trouver.

On a aussi jeté dans des baquets remplis d'eau froide tout le verre provenant de l'écrémage, des fonds des pots, etc.; on lave ce verre et on en fait un triage pour l'employer comme calcin dans les opérations suivantes.

Dans l'opération du coulage que nous venons de décrire, on a vu que le verre est versé sur le bout de la table le plus éloigné de la carcaisse.

Ce mode de coulage, qu'on pratique dans la plupart des usines françaises, est plus rationnel que le *coulage en tête* qu'on pratique dans d'autres glaceries, dans lesquelles la cuvette est au-dessus du bout de la table le plus rapproché de la carcaisse, le rouleau cheminant vers le grand axe de la halle en étalant le verre. De cette façon, la partie de la glace par laquelle on la pousse dans la carcaisse, ayant été laminée la dernière, n'est pas suffisamment solide pour qu'il ne soit pas nécessaire d'y faire un épais bourrelet, une *tête*, sur laquelle on appuie pour enfourner la glace. Ce bourrelet entraîne une perte notable de temps et de matière et détermine souvent la rupture des glaces, à cause de la difficulté qu'on éprouve à bien recuire du verre aussi épais. Par le coulage à l'opposé de la carcaisse, on risque moins de déformer la glace et de la plisser en l'enfournant.

Enfin, pour compléter la description du coulage des glaces, j'ajouterai que, dans les usines françaises, trois chemins de fer parallèles servent à manœuvrer la table à couler, qui est en fonte d'une seule pièce, pesant 20 à 25,000 kil., le chariot portant le rouleau du poids de 200 à 300 kil., et la potence. Aux deux extrémités de l'axe du rouleau sont attachées des chaînes qui viennent s'enrouler sur un tambour placé à la partie inférieure de son chariot. Le rouleau, arrivé à l'extrémité de sa course, remonte des tringles sur le chariot, qu'on pousse en avant. Il est remplacé par la plate forme en tôle (fig. 2550, G), montée sur roues, qui se trouve au même niveau que la table à couler et qui vient remplir le vide existant entre la table et la carcaisse.

La potence, montée aussi sur un chariot à quatre roues, peut se mouvoir rapidement sur son chemin de fer. Pour la maintenir dans la position verticale, elle glisse à sa partie supérieure entre deux entre-toises ménagées dans la charpente de la halle.

La glace, une fois coulée et enfournée, est rangée dans la carcaisse, qui en reçoit six habituellement. Lorsque la carcaisse est pleine, on en ferme immédiatement l'ouverture avec des plaques de tôle ou de larges briques cimentées avec de l'argile. Après un séjour de vingt-quatre à trente heures, on laisse rentrer un peu d'air, puis on hâte graduellement le refroidissement jusqu'au troisième ou au quatrième jour.

Avant le défournement et souvent quand la carcaisse est encore très-chaude, un ouvrier y pénètre pour visiter les glaces. Quand il aperçoit une fissure, il l'arrête avec un fer rouge qu'il applique au point où cette fissure se termine.

Le défournement se fait sur une grande table en bois qu'on met au niveau de l'ouverture de la carcaisse. L'ouvrier équarrisseur coupe avec une règle et le diamant les bords de la glace; on la porte ensuite, suspendue verticalement sur des courroies, dans l'atelier d'équarri brut.

La glace est visitée et débitée d'après ses défauts, de manière à utiliser la plus grande surface possible, et suivant les commandes qu'on a à exécuter. Sa dimension ordinaire est de 8 à 10 mètres superficiels. Elle passe immédiatement à l'*atelier du douci*.

Glaces cannelées. Cette espèce de glace brute introduite dans la consommation de l'Angleterre depuis dix à douze ans, y est connue sous le nom de *rolled-plate*, et a pris une grande importance sur les marchés. Pour cette espèce de glaces, au lieu de retirer le creuset du four pour le verser sur la table de coulage, on puise dans les creusets au moyen d'une grande cuiller ou poche semblable à celles au moyen desquelles s'opérait autrefois le trejetage, mais d'une plus grande dimension; trois ouvriers tiennent cette poche, l'un par l'extrémité du manche, les deux autres, au moyen d'une barre en travers près de la poche; ils la remplissent dans le creuset, et vont verser le verre liquide sur une petite table en fonte, où un cylindre de même métal, roulant sur deux petites règles parallèles, réduit le verre en une feuille de l'épaisseur des deux règles. Généralement ce cylindre est taillé de manière à imprimer sur le verre une cannelure qui dissimule les défauts de la matière; on donne ordinairement à ce verre une épaisseur de 4 à 6 millimètres, quelquefois davantage.

Cette fabrication a été introduite dans une de nos principales glaceries; mais on peut dire qu'elle est pour ainsi dire ignorée en France. Il est bon que l'on sache qu'en Angleterre il ne se fabrique annuellement pas moins de 5,000 tonnes de ce verre, ce qui, en supposant une épaisseur moyenne de 5 millimètres, fait environ 400,000 mètres carrés de ces glaces cannelées. On les emploie concurremment avec les glaces brutes épaisses, pour le vitrage des magasins et des ateliers; mais ce sont surtout les serres qui donnent à ce produit un débouché immense. Le prix de ces glaces est inférieur à celui du verre à vitre double, leur main-d'œuvre ne formant guère que le huitième du prix total de revient, tandis qu'elle s'élève presque au tiers pour les verres soufflés. Elles sont préférées pour les serres comme n'étant pas sujettes, ainsi que les verres soufflés, à brûler les plantes.

Polissage des glaces. Le polissage des glaces comprend deux opérations, le dégrossissage et le douci.

Le *dégrossissage* s'exécute en frottant deux glaces l'une contre l'autre, avec l'intermédiaire de sable de rivière ou de toute autre matière siliceuse pulvérisée; à cet effet, les glaces sont fixées avec du plâtre sur des plateaux en pierre, ordinairement en calcaire com-

VERRE.

pacte. Une roue hydraulique imprime, par un mécanisme dont il est facile de se rendre compte et qui varie dans chaque usine, un mouvement de va-et-vient aux plateaux supérieurs, qui sont susceptibles de tourner sur eux-mêmes et glissent sur les plateaux inférieurs, qui sont fixes; ces derniers sont toujours plus grands que les plateaux mobiles. Le seul travail de l'ouvrier consiste à imprimer de temps en temps un mouvement de rotation aux plateaux supérieurs (il est très facile de le faire faire par la roue motrice même, et c'est ce qu'on fait dans plusieurs usines), et à jeter, sur les plateaux inférieurs, avec une truelle en bois, un mélange d'eau et de sable. Il va sans dire que l'on doit employer des sables de plus en plus fins, à mesure que l'opération avance. Un seul ouvrier peut desservir le dégrossissage de deux grandes glaces ou de quatre petites. Le premier côté étant fait, on retourne les glaces pour travailler l'autre face de la même manière; il faut seulement avoir soin ici que cette seconde face soit rigoureusement parallèle à la première, c'est-à-dire que la glace ait partout la même épaisseur.

Le *doucí* des glaces dégrossies s'exécute, soit à la main, soit le plus souvent par des moyens mécaniques, en les faisant frotter par une rangée de petits plateaux de calcaire, en nombre variable suivant la grandeur des glaces à polir, et garnis, sur la partie frottante, d'un feutre enduit de colcothar ou rouge d'Angleterre de plus en plus fin. Nous n'entrerons pas ici dans d'autres détails, ayant consacré à la partie mécanique de la fabrication des glaces l'article POLISSAGE du *Complément*, et ayant donné l'analyse des conditions à remplir et l'historique de l'invention des machines employées dans cette partie de la fabrication des glaces.

Étamage des glaces. Les glaces sont quelquefois employées sans étamage, comme carreaux de vitres, etc., mais le plus souvent elles sont destinées à servir de miroir; dans ce cas on les étame en appliquant par derrière, soit un amalgame d'étain (voyez ÉTAMAGE), procédé décrit dans ce *Dictionnaire* à l'article précité, soit un pellicule d'argent par un nouveau procédé dû à M. Drayton et importé en France par M. Tourasse, qui a pris à ce sujet un brevet d'invention. Ce procédé, fondé sur la réduction des sels d'argent par des substances végétales, surtout les huiles essentielles et même le sucre de cannes, de raisin, l'amidon, en faisant intervenir la chaleur, consistait d'abord à préparer une dissolution aqueuse de nitrate d'argent, à y mêler de l'alcool, du carbonate d'ammoniaque, de l'ammoniaque et de l'huile essentielle de cassia, et à verser la liqueur ainsi préparée sur la glace à étamer, en y ajoutant finalement de l'huile de girofle. Au bout de deux heures, l'opération est terminée, et la glace recouverte d'une couche d'argent parfaitement homogène, faisant miroir; pour la préserver de toute influence atmosphérique et de l'humidité des murs, on recouvre le dépôt d'une couche de vernis.

Après avoir échoué devant les difficultés de l'exploitation pratique, l'argenture des glaces a enfin été réussie par une modification apportée au procédé primitif.

M. Drayton avait cherché à modifier ses procédés, qui ne donnaient pas de bons résultats; il renonçait en 1848 à l'emploi des huiles essentielles, dont l'usage était la cause de l'insuccès qui persista pendant une pratique de plusieurs années; il leur substitua des matières sucrées.

D'après Drayton, on prend :

Ammoniaque.	30
Nitrate d'argent.	60
Eau.	90
Esprit-de-vin (alcool).	90

On mélange soigneusement le tout, et on laisse déposer trois ou quatre heures, puis on filtre; à 30 grammes de liquide filtré, on ajoute 8 grammes de matière saccharine dissoute dans parties égales d'eau et d'esprit-de-vin. On laisse ensuite déposer une couple d'heures. Il faut faire intervenir la chaleur et chauffer vers 100° le verre sur lequel l'argent doit être déposé.

Malgré ces tentatives, l'argenture des glaces n'avait pas fait, au point de vue commercial, de progrès réels, n'arrivait pas à se substituer à l'ancien procédé, et cependant il s'agissait d'un progrès bien désirable, celui de la transformation d'une industrie employant du mercure, dont le maniement engendre tant de maladies.

On avait bien cherché, par des dépôts galvaniques, à donner plus d'homogénéité, plus de résistance à la couche métallique, mais il s'était formé, devant une série d'insuccès assez retentissants, une opposition en quelque sorte justifiée par les altérations dont les produits argentés n'offraient que des exemples trop fréquents. Il semblait qu'il fallait regarder l'argenture des miroirs comme tout à fait impossible, lorsqu'une leçon de l'illustre physicien anglais Faraday vint de nouveau fixer fortement l'attention publique sur ce même sujet. Il s'agissait d'un procédé que M. Petitjean venait de faire breveter simultanément en Angleterre et en France. Ce procédé donne, en effet, une solution pratique de la question de l'argenture des glaces.

Quelle est la base du procédé de M. Petitjean, qu'exploitent à Paris, actuellement avec succès, MM. Brossette et C^e^? M. Petitjean met à profit la réaction des acides végétaux sur les sels d'argent en présence de l'ammoniaque.

On emploie deux liqueurs. Pour former d'abord la première, on prend 100 grammes de nitrate d'argent et 62 grammes d'ammoniaque liquide. On verse l'ammoniaque sur le nitrate d'argent dont la fusion s'opère alors en dégageant beaucoup de chaleur; on remue, jusqu'à ce que la dissolution soit complète, puis on laisse reposer quelques heures; au bout de ce temps, il y a formation de cristaux de nitrate d'argent ammoniacal. On ajoute alors 500 grammes d'eau distillée, et l'on agite tant pour opérer le mélange des deux liquides que pour faciliter la dissolution des cristaux : elle s'opère en refroidissant beaucoup la liqueur. On filtre alors pour séparer un peu de poudre noire qui s'est formée lors de la dissolution du nitrate d'argent dans l'ammoniaque. Cette poudre noire est de l'argent métallique. On ajoute au liquide filtré 11 grammes d'acide tartrique dissous préalablement dans quatre fois leur poids d'eau distillée, puis on verse 2 litres 1/2 d'eau; on remue le tout, puis on tire à clair. On obtient ainsi 3 litres environ de liquide. Dans cet état il est propre à l'emploi.

La deuxième liqueur se prépare en répétant exactement toutes les manipulations indiquées pour le premier liquide; seulement, on double la dose de l'acide tartrique. On ne doit préparer les dissolutions que pour les besoins de la journée.

L'appareil employé pour opérer l'argenture du verre consiste en une table de fonte, creuse, de manière à pouvoir être chauffée avec ou sans circulation par de la vapeur ou de l'eau chaude. La partie supérieure de la table est plane et posée parfaitement horizontale à l'aide d'un niveau; elle est recouverte par une toile rendue imperméable par un vernis quelconque. La chaleur est maintenue à 45 ou 50 degrés. On verse sur les glaces posées sur la même table les unes à côté des autres près de 3 millimètres d'épaisseur de la dis-

solution qui reste sur le verre retenue par capillarité; au bout de 7 à 8 minutes, l'argent commence à se déposer sur le verre, et après 15 à 20 minutes, une couche uniforme et opaque ayant une teinte grisâtre à la partie supérieure se trouve déposée. Au bout de quelques instants la glace est poussée au bord de la table, soulevée en pente pour écouler le liquide excédant, dans une rainure en pente sous forme de gouttière. Cette dernière sert à recueillir la liqueur qui n'est pas complétement dépouillée d'argent. On lave à l'eau.

La première opération est souvent suffisante ; cependant presque toujours on la répète identiquement avec la seconde liqueur. Puis lorsque celle-ci a été retirée, le verre est lavé de nouveau, puis séché ; on termine en protégeant la surface argentée par une peinture à l'huile et un vernis d'une couleur foncée.

TREMPE DU VERRE. M. Mascart, professeur de physique au Collége de France, a indiqué le moyen de reconnaître par l'analyse des rayons lumineux qui traversent un verre, l'état moléculaire, la trempe du verre et même l'évaluation des forces en action par des mesures semblables à celles que Wertheim a enseigné à utiliser dans son ingénieux DYNAMOMÈTRE optique.

Cette curieuse application des méthodes les plus délicates de l'optique doit se trouver consignée ici, dût son application être peu fréquente ; elle est encore un curieux exemple de traduction de connaissances scientifiques en procédés industriels, la véritable voie du progrès.

L'étude de la trempe et de l'homogénéité des verres présente un intérêt scientifique quand il s'agit de choisir une matière pour la construction d'un objectif, et surtout pour la construction des appareils interférentiels. D'un autre côté, il peut être utile dans l'industrie d'avoir un procédé rapide pour constater le degré de trempe des verres, afin d'éviter les cas de rupture spontanée qui se présentent quelquefois, même dans les grandes glaces.

On peut sans doute tailler des faces à peu près parallèles dans différentes directions et examiner le verre avec un analyseur et un polariseur ; mais cette méthode est longue et ne peut être appliquée que dans des cas très-particuliers. Lorsque mon attention a été appelée sur ce sujet, je me suis rappelé une belle expérience que j'avais vue dans le laboratoire de M. Coulier. Une baguette de verre tordue en tire-bouchon était plongée dans de l'acide phénique rendu liquide par une petite quantité d'eau. La baguette était presque invisible dans le liquide par transparence directe ; on l'apercevait bien par un éclairage latéral, surtout à cause des fils et des défauts d'homogénéité du verre. Si un bloc de verre de forme quelconque et bien homogène était ainsi immergé dans un liquide ayant exactement la même réfrangibilité et la même dispersion, le verre disparaîtrait absolument. Ce phénomène a déjà été observé pour certains sels qui ont les mêmes propriétés optiques que les eaux mères dans lesquelles ils cristallisent. L'identité des propriétés optiques est à peu près réalisée pour le verre ordinaire et l'acide phénique; on voit seulement, sur les contours de l'objet immergé, une faible irisation qui tient aux spectres secondaires dus à la différence des dispersions.

Si l'on veut maintenant étudier le verre d'une coulée de glaces, on en découpe un morceau que l'on plonge dans une cuve de verre, à faces parallèles, collées à la gomme et renfermant de l'acide phénique hydraté. En examinant la glace par la tranche on distingue immédiatement tous les fils qu'elle renferme. Pour observer la trempe, il suffit de polariser la lumière incidente à 45 degrés de la lame et d'armer l'œil d'un analyseur.

Si, l'analyseur étant orienté de manière à éteindre la lumière incidente, on interpose la cuve, on voit deux bandes noires parallèles à la surface de la lame et à peu près à égale distance du centre et des bords. Il y a donc dans toute glace coulée et recuite par les procédés industriels deux couches dont la double réfraction et, par conséquent, la trempe sont nulles. Tout étant symétrique par rapport à la normale, la double réfraction des autres régions est évidemment comparable à celle d'un cristal à un axe dont l'axe de cristallisation coïnciderait avec la normale à la lame. Si l'on place entre la cuve et l'analyseur une lame de spath d'Islande perpendiculaire à l'axe, et qu'on incline cette lame autour d'une normale à la glace, on voit les deux bandes noires se rapprocher du milieu. Il résulte de là que la double réfraction du verre étudié est négative dans la zone comprise entre les couches neutres et positive dans les deux zones extérieures.

On peut évaluer le degré de trempe en déterminant l'épaisseur de quartz nécessaire pour annuler la double réfraction. Plaçons, par exemple, entre l'analyseur et la cuve un compensateur à teintes plates, et supposons que ce compensateur soit au zéro, c'est-à-dire ne produise pas de différence de marche, lorsque la plaque mobile est au milieu de sa course. Dans ces conditions, les bandes noires ne sont pas déplacées; mais, si l'on fait glisser dans un sens ou dans l'autre la plaque mobile du compensateur, on voit les bandes noires marcher vers le milieu ou vers les bords de la glace. Si le compensateur est gradué, on obtient ainsi la différence de marche due à la trempe. L'expérience indique que les différences de marche produites par le milieu ou par les bords sont à peu près égales et de signes contraires, de sorte que la somme algébrique des doubles réfractions d'une pareille glace est sensiblement nulle. Une bonne glace de commerce, de 10 à 13 millimètres d'épaisseur, donne ainsi, pour une longueur de 20 centimètres, une différence de marche qui varie entre 1/3 à 1/2 longueur d'onde. Si la trempe dépasse cette valeur, et surtout si elle est irrégulière, le verre est médiocre et risque de se briser dans le travail du polissage. Le verre est tout à fait mauvais quand la différence de marche atteint une longueur d'onde.

Pour donner une idée de l'état moléculaire des verres trempés, il est bon de comparer la double réfraction ainsi produite avec celle que l'on obtient par les actions mécaniques.

Brewster a reconnu depuis longtemps que le verre comprimé acquiert une double réfraction négative. Le milieu d'une glace est donc dans un état analogue à celui que produirait une compression normale ou une dilatation parallèle aux faces; les couches superficielles sont au contraire comparables à une lame de verre soumise à une traction normale à sa surface. D'autre part, Wertheim a montré que la différence de marche produite par la pression ou la traction est proportionnelle à l'effort exercé dans les limites où le verre peut résister sans écrasement. Il résulte de là que, pour une lame taillée en parallélipipède rectangle et comprimée sur deux faces opposées, la différence de marche due à une pression déterminée est indépendante de la longueur de cette lame, c'est-à-dire du chemin parcouru par le rayon lumineux, et en raison inverse de sa largeur: c'est ce que Wertheim a vérifié par de nombreuses expériences. Il a trouvé ainsi qu'avec le verre à glaces il faut une pression de 165 kilogrammes pour produire une différence de marche d'une longueur d'onde, pour une largeur de 1 centimètre; si l'on suppose que cette lame ait 20 centimètres de longueur, comme celles dont j'ai parlé plus haut, cela correspondrait à une pression de 8 kil. 25 par centimètre carré, c'est-à-dire d'environ 8 atmosphères. Comme les glaces du commerce donnent une différence de marche environ moitié moindre, il en résulte que la couche centrale et les couches superficielles d'une pareille glace sont dans un état analogue

à celui que produiraient une compression centrale et une dilatation superficielle de 4 atmosphères.

Les larmes bataviques, qui sont un cas tout à fait excessif de trempe de verre, donnent des résultats bien plus remarquables. Une larme de 5 millimètres de diamètre environ, observée dans l'acide phénique, montre cinq ou six franges d'un grand éclat; c'est une expérience très-facile à répéter, et la projection de ces courbes colorées avec la lumière de la lampe de Drummond est l'un des plus beaux phénomènes de la polarisation chromatique. La structure d'une larme batavique est complexe; mais, si l'on suppose la goutte parfaitement cylindrique, il est clair que la distribution des pressions dans l'étendue d'une section normale sera déterminée par une série de cercles concentriques. La différence de marche éprouvée par les deux composantes d'un rayon polarisé que parcourt une corde de cette section sera la somme algébrique des effets produits par les différentes couches séparément, et, en examinant le phènomène depuis le bord jusqu'au centre, on peut calculer le dét..l des actions en chaque point; mais sans faire aucun calcul, on peut dire qu'une larme batavique est dans un état comparable à celui d'une plaque de verre de même longueur qui donnerait la même différence de marche. Or la pression nécessaire pour produire une différence de marche de cinq longueurs d'onde serait de 825 kilogrammes, et si l'on suppose seulement une longueur de 5 millimètres, la pression par centimètre carré sera de 1650 kilogrammes. L'état moléculaire d'une larme batavique est donc analogue à celui que produirait sur une lame de verre une pression d'environ 1600 atmosphères.

Si l'on voulait étudier des verres plus réfringents, tels que le cristal du commerce ou les flints d'optique, l'acide phénique ne convient plus; on aura alors recours à un mélange de sulfure de carbone avec de l'alcool ou de la benzine. Le liquide ainsi obtenu n'a pas en général la même dispersion que le verre; on aperçoit alors des colorations très-vives dues à des spectres secondaires, mais ces colorations ne gênent guère pour l'observation que l'on a en vue.

PIERRES PRÉCIEUSES ARTIFICIELLES. Cette fabrication, qui date, en France, seulement du commencement du siècle, doit ses premiers et plus importants progrès en France, aux travaux de M. Douault-Wieland. Nos fabricants ont actuellement acquis en ce genre une réputation bien méritée. Les pierres qu'ils fabriquent ne se distinguent guère des pierres gemmes naturelles que par une moindre dureté; nous citerons parmi les plus habiles M. Bourguignon, dont les produits ont acquis une juste célébrité.

La fabrication des pierres précieuses artificielles a assez d'analogie, au point de vue chimique, avec celle de la composition des émaux, en supprimant bien entendu les oxydes d'étain qui leur donnent de l'opacité, car la transparence est ordinairement une condition essentielle de l'imitation des pierres précieuses. L'éclat est obtenu par l'emploi d'un verre très-riche en plomb, ce qui fait que la dureté laisse à désirer.

Dans la fabrication des pierres artificielles il est beaucoup de précautions à prendre, que la pratique peut seule indiquer et qui font la supériorité de l'opérateur soigneux qui observe avec sagacité. Pour obtenir des masses bien fondues, bien homogènes, sans stries ni bulles, il faut employer des matières premières bien pures et mélangées dans un état de ténuité extrême; choisir les meilleurs creusets, fondre à un feu gradué, laisser les matières au feu pendant 24 à 30 heures, et ne faire refroidir les creusets que très-lentement, afin que le verre obtenu éprouve un véritable recuit.

Strass incolore. La base de toutes les pierres artificielles est un boro-silicate à base de potasse et d'oxyde de plomb, qui porte le nom de *strass*. On s'en sert dans la bijouterie, pour faire les imitations de diamants. Voici différentes recettes qui donnent de bons résultats:

	(1)	(2)	(3)	(4)
Cristal de roche ou sable blanc. . .	300	300	300	300
Minium.	470	»	462	»
Céruse.	»	514	»	512
Potasse à l'alcool.	163	96	168	96
Borax.	22	27	18	27
Acide arsénieux.	1	1	0,5	1

Topaze. Voici la recette de M. Douault:

Strass très-blanc.	1000
Verre d'antimoine.	40
Pourpre de Cassius.	1

On peut, avec le fer seul, obtenir une topaze assez belle avec le mélange suivant:

Strass incolore.	1000
Oxyde de fer.	10

Rubis. Souvent le mélange pour topaze donne une masse opaque, translucide sur ses bords et offrant dans ses lames minces une couleur rouge par transparence. Une partie de cette *matière topaze-opaque* et huit parties de strass, fondues dans un creuset de Hesse, qu'on laisse 30 heures au feu d'un four à potier, donnent pour résultat un beau cristal jaunâtre semblable au strass. Refondu au chalumeau, celui-ci produit le plus beau rubis d'Orient.

On fait un rubis moins beau avec:

Strass incolore.	1000
Oxyde de manganèse.	25

Émeraude. La composition qui imite le mieux l'émeraude naturelle est la suivante:

Strass incolore.	1000
Oxyde de cuivre pur.	8
Oxyde de chrôme.	0,2

En augmentant la proportion d'oxyde de chrôme ou d'oxyde de cuivre, et en y mêlant de l'oxyde de fer, on peut faire varier la nuance et imiter, soit le péridot, soit l'émeraude foncée.

Saphir. Cette pierre se prépare avec:

Strass incolore.	1000
Oxyde de cobalt très-pur. .	15

Améthyste. Voici la formule qui réussit le mieux:

Strass incolore.	1000
Oxyde de manganèse.	8
Oxyde de cobalt.	5
Pourpre de Cassius.	0,2

Aigue marine. On l'obtient avec un mélange de:

Strass incolore.	1000
Verre d'antimoine.	7
Oxyde de cobalt.	0,4

Grenat-syrien ou *escarboucle.* Cette pierre, employée surtout pour les petits bijoux, s'obtient avec un mélange de:

Strass incolore.	1000
Verre d'antimoine.	500
Pourpre de Cassius.	4
Oxyde de manganèse.	4

Lorsque le montage des pierres artificielles le permet, on remédie souvent à leur peu de dureté en les recouvrant avec une pierre incolore naturelle, de peu de valeur, et plus dure qu'elles: on colle alors les deux pierres avec un peu de térébenthine. P. DEBETTI.

VER A SOIE. Voyez SOIE.

VERT-DE-GRIS, VERDET. Voyez ACÉTATE *de cuivre*.

VERT DE SCHÉELE. Cette couleur est un arsénite de cuivre que l'on obtient en dissolvant dans une quantité d'eau suffisante 1 partie d'acide arsénieux et 10 de sulfate de cuivre cristallisé, puis précipitant par un carbonate alcalin. En augmentant la proportion d'acide arsénieux, la nuance se charge de jaune. En effectuant la précipitation par un alcali caustique, la couleur devient très-intense et très-dure après la dessiccation.

VERT DE SCHWEINFURT. Ce vert, plus beau que le précédent, se prépare en décomposant à chaud une solution aqueuse de 6 parties de sulfate de cuivre par une autre solution contenant 6 parties d'acide arsénieux et 1 partie de potasse du commerce; aussitôt la précipitation achevée, on ajoute de l'acide acétique en léger excès, environ 3 parties. Peu à peu le précipité diminue de volume et, dans l'espace de quelques heures, il se change en une poudre légèrement cristalline et d'un beau vert que l'on lave avec soin par décantation. On peut dans cette préparation remplacer le sulfate de cuivre par de l'acétate. On jaunit la nuance, au besoin, en augmentant la proportion d'acide arsénieux; on la rend d'un ton plus intense, en la faisant chauffer pendant quelque temps dans une légère solution alcaline.

Ce vert est, comme on le voit, un mélange ou une combinaison d'arsénite et d'acétate de cuivre. Il est aussi connu dans la commerce sous les noms de *vert de Vienne* et de *vert de Brunswick*.

VERT DE VESSIE. Cette couleur, employée dans les peintures à l'eau, se prépare en faisant évaporer jusqu'à consistance d'extrait un mélange de 1 kilog. de suc de baies de nerprun mûres, 250 grammes d'eau saturée de chaux et 32 grammes de gomme arabique, puis le renfermant dans des vessies que l'on suspend à l'air afin de pousser plus loin la dessiccation.

VIDANGE. Voyez *Complément*.

VIGNE. La vigne, dont le *raisin* est le fruit, est une plante dicotylédone, polypétale, de la famille des vinifères (Juss.), et de la pentandrie monogynie (Linn.). C'est un arbrisseau sarmenteux à feuilles alternes et à fleurs disposées en grappes opposées aux feuilles. On en connaît une vingtaine d'espèces, dont la moitié appartiennent à l'ancien continent, et le reste au nouveau. Aucun arbre fruitier n'a donné autant de variétés que la vigne. Chaque vignoble a ses variétés de raisins, qui quelquefois ne sont pas connues dans les vignobles voisins. Bosc avait été chargé par le gouvernement d'établir une nomenclature des vignes cultivées en France; il en avait réuni mille quarante espèces au Luxembourg. Nous allons en traiter plus loin.

Tous les climats ne sont pas propres à la culture de la vigne; dans le Nord, le raisin ne peut parvenir à une maturité complète, il ne contient presque aucun élément de fermentation spiritueuse; le suc exprimé venant à fermenter produit une liqueur aigre.

C'est entre le 40e et le 50e degré de latitude que la culture de la vigne est réellement avantageuse; c'est aussi entre ces limites que se trouvent les pays dont les vignobles sont les plus renommés, tels que l'Espagne, le Portugal, la France, l'Italie, une partie de la Grèce, etc.

La vigne croît partout, et elle est d'autant plus vigoureuse, que la terre où on la cultive est plus humide et plus grasse. Mais l'expérience montre que la qualité du vin n'est pas en rapport avec la force de la vigne qui le produit. La vigne est une des plantes dont la transpiration et la succion sont des plus abondantes. Ces propriétés indiquent le sol et l'exposition qui lui conviennent le mieux. On voit donc qu'une terre sèche, aride, composée de sable, de gravier, de cailloux, de rochers décomposés, etc., sera excellente. En effet, l'eau dont ces terres s'imprègnent circule et pénètre librement dans toute la couche; la racine se glisse aisément dans une terre aussi légère; enfin la couche de cailloux qui la recouvre la défend de l'ardeur du soleil.

La terre *sablonneuse* produit un *vin fin;* la *graveleuse* et la *caillouteuse* un *vin délicat;* la *roche brisée* un *vin fumant, généreux* et de *qualité supérieure;* les *détritus volcaniques* donnent, tantôt des vins excellents, comme ceux du Rhin, de l'Etna, etc., tantôt au contraire ils en donnent de fort médiocres, comme ceux de l'Auvergne. La terre *franche, forte, froide, compacte, humide,* qui s'affaisse à la moindre pluie et que le soleil durcit, nuit essentiellement à la qualité du vin.

VARIÉTÉS DE VIGNES. M. d'Armailhacq a tenté de formuler une classification des nombreuses espèces de vignes. Il pense que c'est de la connaissance des variétés de la vigne que dépendent tous les progrès de sa culture; mais les études faites pour la plupart des autres plantes n'ont pas été faites pour la plus précieuse de toutes, en sorte que la vigne fait encore exception au progrès général. Tout est confusion dans la culture de la vigne... « Les études et les essais n'ont pas été dirigés vers la viticulture, mais vers l'art de faire le vin, vers la fermentation et la vinification; on a surtout perfectionné l'*art de mélanger les vins*, même celui d'en *fabriquer avec toutes sortes de substances*, mais on n'a pas cherché les moyens d'avoir de meilleurs raisins, ce qui eût été bien préférable. »

Pour faire une application judicieuse des méthodes de viticulture, il faut savoir quelles sont les espèces auxquelles on veut appliquer, chaque variété devant être dirigée d'une façon différente; la connaissance des cépages est la clef de la viticulture, et les perfectionnements vantés, quoique réels pour certaines variétés, ne conviennent pas à d'autres. Tout le monde sait que la culture de la vigne blanche diffère de celle de la vigne à fruits noirs; que les vignes très-fertiles donnent des vins médiocres; que tels cépages exigent une taille courte, tels autres un bois plus long; que certaines espèces ont des sarments très-petits, d'autres de plus longs; que, dans certaines espèces, le bois se redresse, pendant qu'il rampe dans certaines variétés; que la vigne résiste plus ou moins à la gelée, selon le cépage, et que les diverses variétés sont plus ou moins difficiles sur le choix du sol.

Le premier point consiste à connaître les noms des cépages ou à posséder une bonne synonymie de la vigne; or il règne sur ce point une confusion incroyable, à laquelle il importe de trouver le remède par une bonne classification...

En partant de la couleur du fruit, on trouve des raisins noirs, blancs ou de couleurs diverses; cette distinction naturelle et constante est la plus facile à saisir... On pourra donc avoir *trois* grandes divisions, trois *groupes* principaux: 1° *vignes à raisins noirs;* 2° *vignes à raisins blancs;* 3° *vignes à raisins de couleurs variées.* Dans cette dernière division, on placera toutes les tribus à raisins de couleurs différentes du noir ou du blanc, et, de plus, toutes celles dont le fruit présente des couleurs diverses: noir, blanc, rose, gris, etc., selon la variété ou le cépage.

A la suite de cette première division générale, l'auteur croit, avec Bosc, que les feuilles, considérées quant à leur forme, offrent le moyen le plus naturel et le plus apparent pour former des *classes* dans ces trois groupes. Chaque cépage de vigne offre ceci de remarquable, que la *majorité* du feuillage offre à très-peu près la même découpure; le caractère tiré de la forme moyenne des feuilles sera donc fixe et, pour obvier à l'objection tirée des tribus dont le feuillage varie sur chaque cep, on fera de ces tribus une classe particulière, en sorte que toutes les espèces possibles rentreront dans la synthèse des classes, sans que l'on soit obligé à des observations trop minutieuses.

Or les feuilles de la vigne présentent trois formes principales:

1° Elles sont entières, sans division ni échancrure; 2° elles sont divisées à trois lobes; 3° elles sont divisées à cinq lobes. Mais les feuilles entières peuvent être simplement ondulées, non dentelées ou à dents très-fines, ou elles sont plus ou moins dentelées; ces deux caractères serviront à établir *deux classes* parmi les feuilles entières. La *première classe* comprendra les vignes à feuilles entières, rondes, ovales ou cordiformes, ondulées

sur les bords ou à petite dentelure, comme la fig. 1 en offre un exemple dans la feuille du *Pinot de Pernand*. La

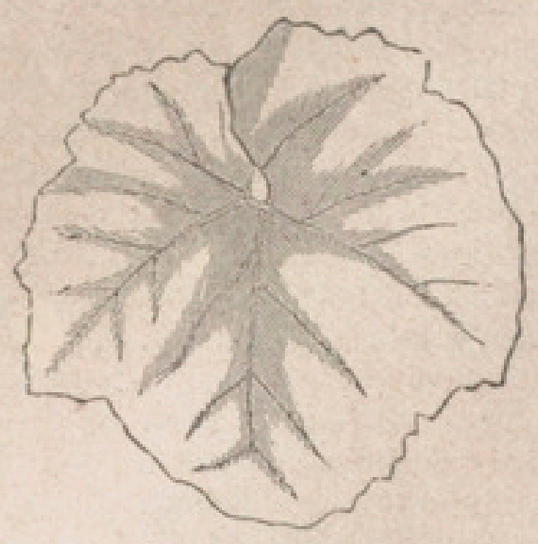


Fig. 1.

deuxième classe comprendra les vignes à feuilles entières, rondes, ovales ou cordiformes, à dentelure plus ou moins

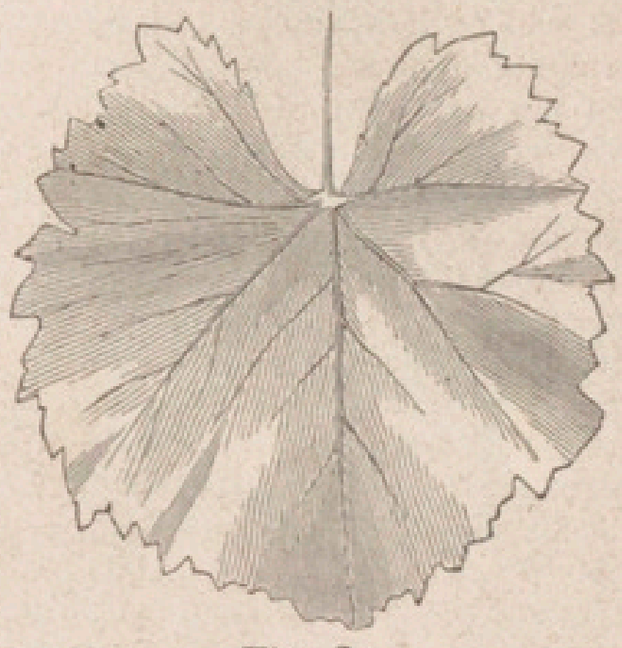


Fig. 2.

grande, comme la *Muscadelle* (fig. 2) et le *Sauvignon blanc* (fig. 3) nous en offrent deux types remarquables.

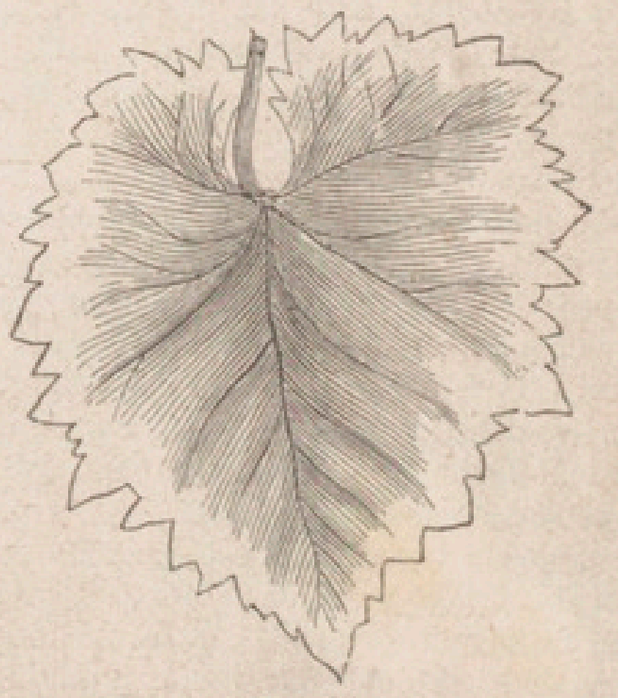


Fig. 3.

D'un autre côté, les feuilles trilobées peuvent présenter trois lobes renflés, écartés et bien distincts, mais non point séparés par une fente ou échancrure, ou bien elles offrent une échancrure plus ou moins profonde qui détermine le rapprochement des lobes.

De là, deux classes encore dans les vignes à feuilles trilobées.

Les vignes dont les feuilles offrent trois lobes écartés formés par un renflement arrondi ou pointu forment la *troisième classe*, dont l'*Isabelle d'Amérique* (fig. 4) présente un type remarquable (feuille de groseillier).

La *quatrième classe* comprend les vignes à feuilles trilobées, dont les trois lobes sont formés par une fente

ou échancrure et, de plus, écartés, comme dans le *Merleau*, ou rapprochés, comme dans la *Mérille*.

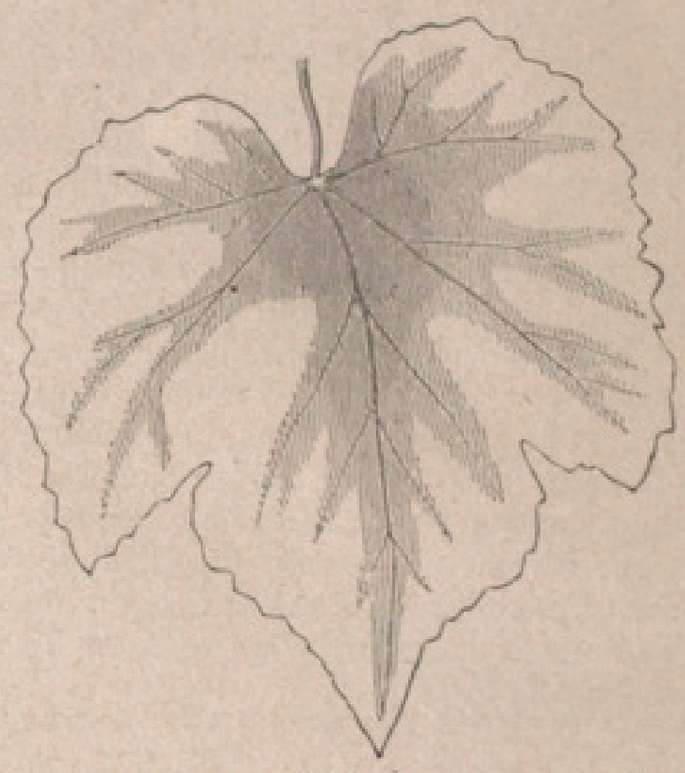


Fig. 4.

Les vignes dont les feuilles sont à cinq lobes offrent des feuilles à dentelure obtuse ou fine, à dents de scie, ou des découpures à longues dents, avec subdivision des lobes, qui sont laciniés ou persillés... La *cinquième classe* comprendra celles de ces vignes dont les dents ne sont pas très-grandes, soit que les lobes soient séparés par de larges ouvertures, ce qui est le type de l'*Enrageat* ou bien que les cinq lobes se rejoignent, comme dans le *Chasselas*, ou encore que les cinq lobes se recouvrent en partie et présentent au fond, dans la face du limbe, un trou rond ou triangulaire, ce qu'on observe dans le *Carmenet-Sauvignon*.

La *sixième classe* sera formée des vignes dont les feuilles sont très-découpées et présentent cinq lobes subdivisés ou laciniés, analogues au type du *Piquepoule rose* (fig. 5), ou à celui du *Cioutat* ou *Persillade*.

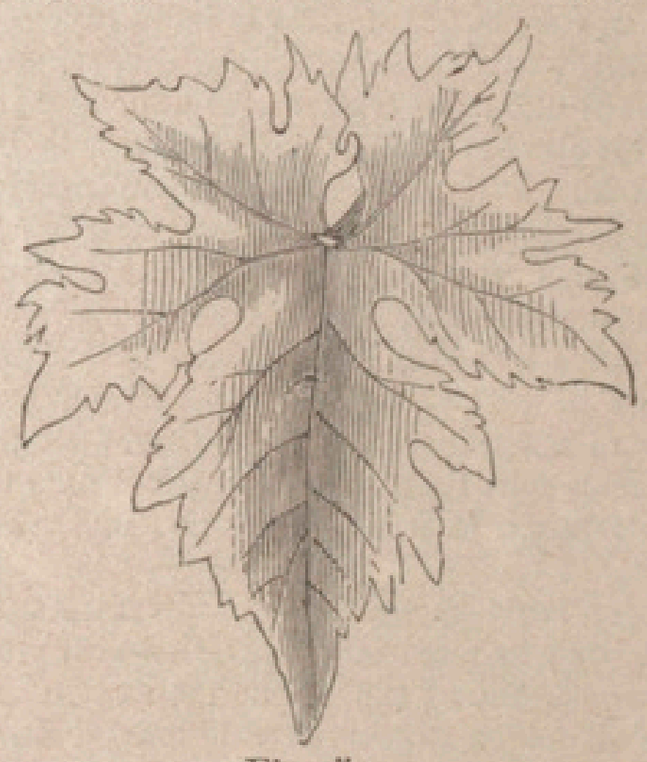


Fig. 5.

La *septième classe* renfermerait toutes les tribus dont le feuillage varie de forme sur le même cep et, en outre, toutes celles dont les feuilles ne se rangeraient pas dans l'une des six premières classes, en sorte qu'il n'y a pas un cépage qui puisse échapper à cette classification.

Il y aurait ainsi *sept classes* pour chacun des *trois groupes* établis d'après la couleur du fruit, soit, en tout, vingt et une classes. Mais comme cette division n'approcherait pas assez du but, M. d'Armailhacq subdivise chacune de ces classes en *deux ordres*, selon que les feuilles offrent ou non du coton ou des poils sur les feuilles ou en dessous, en sorte que, selon cette subdivision, indiquée par l'ampélographe italien don Clemente de Roxa, le premier de chaque classe comprendra toutes les tribus à feuilles parfaitement *glabres*, et le second,

toutes celles qui offrent du coton, du duvet ou des poils.

Les caractères secondaires servent à établir des subdivisions dans les classes ainsi établies.

MALADIES DE LA VIGNE. M. *Heuzé*, membre du comité d'agriculture, a lu à la Société d'Encouragement un Mémoire sur l'histoire des maladies de la vigne depuis les temps les plus reculés.

Dans l'antiquité, M. *Heuzé* cite *Théophraste*, qui connaissait une maladie analogue à la rouille et une brûlure spéciale des fruits attribuée à l'ardeur du soleil; *Plaute*, qui dans une de ses comédies fait allusion aux mœurs de l'attelabe; *Columelle* et *Palladius*, qui se bornent à des observations générales sur l'influence du sol et des intempéries de l'atmosphère; *Pline*, qui signale d'une manière assez précise diverses maladies et les insectes qui attaquent la vigne, et qui indique déjà l'emploi du soufre pour détruire ceux-ci. — Dans les temps modernes, *Pierre de Crescens*, en 1471, publia un *Opus ruralium commodorum* plein de renseignements utiles; *Charles Étienne*, auteur de la première Maison rustique, a décrit mieux que ses devanciers les affections connues de la vigne; *Olivier de Serres*, dans le seizième siècle, a conseillé l'emploi du soufre pour la destruction des insectes et a, le premier en France, fait connaître l'utilité de la fumée des feux allumés dans les vignes, pour empêcher les effets des gelées tardives; *Sachs* est auteur d'une Ampélographie imprimée en 1661, où il a caractérisé mieux que ses devanciers les affections auxquelles la vigne est sujette. *Jean Boulay*, chanoine d'Orléans, publia aussi, en 1723, un ouvrage sur la manière de bien cultiver la vigne, où il parle de divers insectes qui attaquent la vigne, l'orbec ou gribouri, l'urébère ou attelabe vert ou lisette, etc.

On doit citer parmi les fléaux de la vigne l'urébère qui, à diverses reprises, fit de grands ravages en Bourgogne; le *coupe-bourgeon*, signalé par *Bidet* en 1752, le *ver de vigne* ou teigne de la grappe, l'érinée ou *érinnose*, cryptogame étudié depuis par M. *Dunal;* le *gribouri* ou écrivain, la *pyrale*, qui est détruite par l'échaudage des ceps imaginé par *Raclet*. L'*oïdium* a ravagé les vignobles du midi de la France, au moment où la pyrale attaquait ceux de Bourgogne, jusqu'au moment où l'emploi de la fleur de soufre généralisé a affranchi nos vignes des effets de cette affection. C'est lorsque nos vignobles prenaient un nouvel essor par l'accroissement de l'exportation des vins que le traité de commerce avait causé, qu'un nouveau fléau plus terrible que tous les précédents est venu étendre ses ravages sur les vignes de la vallée du Rhône, et successivement sur celles du Gard, de l'Hérault, de l'Aude et sur d'autres régions : tels furent, en effet, les débuts de l'invasion du *phylloxera* que rien encore n'a arrêté dans sa marche.

LE PHYLLOXERA. M. *Dumas* a pris ensuite la parole et a résumé la question ainsi qu'il suit en traçant de main de maître la méthode que l'on doit suivre pour attaquer les problèmes les plus difficiles.

Je désire attirer toute l'attention du Conseil, a-t-il dit, sur l'importante question dont M. *Heuzé* vient de l'entretenir. Le fléau qui attaque nos vignes doit être regardé comme un très-grand malheur national. Il ne s'agit pas, en effet, d'une maladie passagère qui puisse s'éteindre par des circonstances naturelles et dans les conditions ordinaires de la culture, mais d'une véritable plaie qui sévit sur nos vignobles et qui menace de ruine cette partie si florissante de notre agriculture. 200,000 hectares de vignobles sont ravagés et 1 million d'hectares sont atteints ou menacés. Le phylloxera remonte déjà jusqu'à Lyon; il s'est déjà développé dans le Bordelais, où cependant un terrain profond permet mieux à la vigne de se défendre; il a été signalé dans la Saintonge et près de Cognac, et on peut prévoir que, si ses ravages ne sont pas arrêtés, la France risque de perdre peut-être 1 milliard sur les produits les plus réguliers de son agriculture. Les trois départements du midi les plus frappés, le Gard, l'Hérault et l'Aude, récoltaient, en effet, à eux seuls, des vins pour une valeur de 900 millions. On conçoit donc que la perspective d'un pareil désastre oblige à en étudier la cause avec la plus grande sollicitude.

Lorsque le phylloxera a envahi un vignoble, la récolte de la première année n'a rien d'anormal, on observe seulement que les feuilles tombent plus tôt qu'à l'ordinaire après la vendange. L'année suivante, la vigne bourgeonne plus difficilement, la végétation est gênée, on n'a qu'une demi-récolte, les feuilles tombent plus tôt encore que l'année précédente et quelquefois même avant la vendange. La troisième année, la vigne est morte, toutes ses radicelles sont pourries; elle ne pousse plus que quelques courts sarments au moyen des sucs de son bois.

La seule tentative qui ait réussi à empêcher ce malheur est celle de M. *Faucon*. Son domaine rapportait 925 hectolitres de vin en 1867. Il a été attaqué par le phylloxera; la récolte a été réduite à 400 hectolitres et dans la deuxième année, elle n'a donné que 35 hectolitres. Alors M. *Faucon* a inondé son vignoble à l'automne, quand la végétation de la vigne était suspendue et ne pouvait pas en être troublée. Au printemps, après quatre mois d'immersion, il a reconnu que les phylloxera avaient disparu. Les ceps n'avaient pas souffert, la vigne renaissait et la récolte revenait à 120 hectolitres. Elle était de 450 hectolitres l'année suivante, et était rétablie à son taux normal de 849 hectolitres dans la troisième année et les suivantes. Tel est le fait dans toute sa simplicité.

Ce procédé est-il applicable partout et dans tous les cas? On aurait grand tort de l'affirmer. Toutes les vignes ne sont pas en position d'être aisément inondées, tous les cépages ne se prêteraient peut-être pas à subir un bain complet de quatre mois tous les ans. On ignore si la qualité du vin ne serait pas modifiée. Mais, avant de parler de la qualité, il fallait s'occuper de l'existence même de la récolte qui était compromise et qui, rétablie, s'est faite dans des conditions telles que le vin récolté s'est bien vendu. Il est donc certain que M. *Faucon*, dans la situation où il se trouvait, a obtenu le succès qu'il cherchait. Il a tué, par submersion, tous les phylloxeras qui existaient dans son domaine. Il ne pouvait pas cependant s'en tenir à une seule opération. Il a dû recommencer chaque année, parce qu'il est entouré de voisins infectés qui lui envoient sans cesse de nouveaux insectes, et il devra renouveler cette opération tant qu'il y aura des phylloxeras dans la contrée.

Avant d'aller plus loin, je demanderai à M. *Heuzé* la permission de faire encore une observation au sujet de ce qu'il vient de dire relativement à *la pyrale*. Il n'est pas tout à fait exact d'attribuer à M. *Raclet*, dont je n'entends pas contester le mérite et à qui la reconnaissance du pays est due, l'invention absolue des procédés employés pour la destruction de la pyrale. Il est très-rare, en effet, que les agriculteurs trouvent immédiatement le remède à une maladie qui apparaît tout à coup. Ce n'est pas l'*empirisme*, mais bien la *science* qui montre le chemin par lequel on peut parvenir à combattre le mal, et la *pratique* ne vient, en général, que pour exécuter et réaliser les procédés dont la science a fourni les principes. Examinons quel a été, en effet, le rôle de la science dans cette circonstance.

En 1838 et en 1839, la pyrale fut signalée en Bourgogne et fit de grands ravages. Les tentatives diverses qui furent faites pour en combattre l'action étaient toutes infructueuses. C'est alors que la science fit connaître: 1° que dans une certaine partie de son existence la pyrale est un papillon nocturne; 2° qu'elle pond ses œufs au dos de la feuille de la vigne à laquelle ils adhèrent en formant des plaques nacrées faciles à reconnaître; 3° que de ces œufs sortent, en juillet, des che-

nilles qui font un fil d'une certaine longueur et qui restent suspendues, en l'air, à son extrémité, jusqu'à ce qu'un mouvement de l'air les mette en contact avec le cep; elles se détachent alors, descendent dans le sol et s'enfouissent sur le cep, à quelques centimètres de profondeur. Elles passent l'hiver ainsi, et au printemps elles remontent sur le pied de vigne, dévorent tout ce qu'elles rencontrent, les bourgeons, les feuilles nouvelles, et elles causent presque la destruction de la plante; puis elles se transforment en chrysalides et se cachent, à cet effet, dans les plis des feuilles de la vigne tordues en cornets. Elles en sortent à l'état de papillon.

Il fallait découvrir ces faits qui constituent les mœurs de l'ennemi qu'on avait à combattre. C'est la science qui s'en est chargée, en la personne de M. *Audouin*, membre de l'Académie; la pratique a ensuite exécuté les procédés qui en dérivent. L'insecte était un papillon nocturne, on a allumé des feux, la nuit, dans les vignes, et un grand nombre de papillons sont venus s'y consumer. L'insecte quitte le cep pour aller se cacher en terre, on a goudronné le pied des ceps et la terre environnante. Les œufs sont en plaques visibles sur les feuilles, on a enlevé ces feuilles à la main. Sachant l'action délétère de l'acide sulfureux sur ces insectes, on a brûlé du soufre à l'extrémité des échalas où ils s'étaient cachés. Tous ces moyens, indiqués par M. *Audouin*, étaient efficaces, mais ils n'étaient pas suffisamment actifs ou étaient trop dispendieux. C'est alors que M. *Raclet*, s'appuyant sur une des parties les plus curieuses des mœurs de l'insecte, son hibernation en terre, a trouvé qu'on opérait la destruction complète de l'insecte en arrosant le pied de la vigne avec un litre environ d'eau bouillante. Mais pour en venir là, il fallait savoir que c'était dans ce lieu d'élection qu'on trouverait l'ennemi qu'on voulait détruire et qu'il y serait engourdi et hors d'état de fuir pour se soustraire à la destruction; c'est ce qu'avait trouvé M. *Audouin*.

Les choses se passeront de la même manière en ce qui concerne le phylloxera. Hormis le succès que M. Faucon a obtenu par la submersion de ses vignes, aucune des si nombreuses tentatives faites pour combattre le fléau n'a eu d'effet utile; non pas qu'on manque d'insecticides efficaces, ils sont, au contraire, très-nombreux; mais, quand ils ne détruisent pas la vigne elle-même, ils sont sans action utile sur l'insecte qu'on ne peut pas atteindre ou dont les habitudes sont inconnues aux inventeurs de remèdes. Lorsque l'Académie des sciences s'est occupée de ce sujet, elle a demandé, avant tout, qu'on fît connaître l'insecte et ses mœurs, dans toutes les phases de son existence. Tant que cette étude ne sera pas complète, on ne pourra faire que des efforts impuissants en portant ses coups dans les ténèbres contre un ennemi inconnu; mais, lorsqu'on l'aura complétée, on en déduira, j'en ai l'assurance, des moyens raisonnés et certains pour combattre ce fléau. Dès à présent, on peut résumer les connaissances acquises, faire connaître l'état d'avancement de ces études et signaler les espérances qu'elles donnent pour l'avenir.

A l'apparition du mal, deux opinions se sont produites et ont partagé les observateurs. Les uns ont considéré le dépérissement de la vigne comme une maladie propre à la plante elle-même; ils ont regardé l'insecte comme un parasite vivant des sucs viciés par cet état spécial dont la cessation produirait sa propre disparition. Les autres ont attribué la souffrance du végétal à l'existence de l'insecte par lequel elle était envahie, qui altérait ses racines, et qui, par sa prodigieuse multiplication, compromettait son existence. On en est venu, je crois, à être à peu près d'accord aujourd'hui. En effet, quelle que soit l'opinion adoptée, les conséquences pratiques qu'on en a déduites ont été les mêmes. On s'accorde, d'une part, à bien nourrir la plante avec le meilleur engrais possible afin de lui donner de la résistance contre le mal qui l'épuise, et, d'autre part, à détruire l'insecte, cause ou effet, dont la présence, dans tous les cas, exerce un effet nuisible sur la végétation.

A l'égard des conditions d'existence et des habitudes de l'insecte, on s'est demandé, avant tout, comment il se reproduisait et s'il s'écoulait entre deux générations successives un temps court ou un temps très-long. Quelques analogies avaient porté à penser qu'il mettait un an à se reproduire. Mais l'observation a montré que cet intervalle était beaucoup plus court et ne dépassait pas vingt jours. Vingt jours après sa naissance, sans fécondation nouvelle, une femelle pond trois œufs par jour, pendant vingt ou trente jours au moins et probablement beaucoup plus. Cette multiplication se répète pour chacun de ses descendants avec une progression d'une effrayante rapidité, depuis le 15 avril jusqu'au 15 octobre! Voilà comment un seul insecte, une unité, survenant au printemps, produit, à l'automne, 12 à 15 milliards d'individus qui s'entassent pressés l'un contre l'autre sur les racines, en les recouvrant d'une manière aussi continue que l'épiderme de la peau recouvre notre doigt. On a de la peine à se représenter une aussi effrayante fécondité. C'est la propriété contraire qui fait que le gribouri, par exemple, est moins dangereux. Il ne se reproduit que dans des conditions peu actives, tandis que la femelle du phylloxera peut, après sa naissance, pondre des centaines d'œufs sans avoir besoin d'être fécondée.

On a cherché ensuite à savoir si cette fécondation innée des femelles n'était pas remplacée, à une certaine période, par un accouplement régulier. Cette recherche a été difficile, et elle n'a rien produit tant qu'on s'est borné à observer le phylloxera de la vigne. Heureusement, il existe sur le chêne un insecte analogue plus facile à étudier, et il a servi à faire connaître la voie qu'on devait suivre. On a reconnu, en effet, que vers la fin de l'automne les phylloxeras pondent des œufs particuliers, n'ayant ni la taille ni la couleur de ceux des générations précédentes. Il en sort des insectes mâles et femelles qui sont différents de ceux qui les ont produits. Ils sont dépourvus d'appareils de succion et de digestion, incapables, dès lors, de se nourrir, et ces appareils sont remplacés par des organes mâles et femelles. Aussitôt nés, ils s'accouplent et produisent un œuf d'où naît une femelle qui pourra reproduire l'espèce pendant une longue suite de générations sans fécondation nouvelle.

Ces résultats sont dus à M. *Balbiani*, qui les a observés sur l'insecte du chêne, et à M. *Max. Cornu* qui les a constatés sur celui de la vigne, et ils jettent un jour inattendu sur les principales circonstances de l'existence de ces êtres singuliers.

Il est encore une troisième forme sous laquelle le phylloxera de la vigne peut apparaître, et elle doit aussi être étudiée avec attention; c'est la forme ailée. L'insecte qu'on observe ordinairement sur les racines de la vigne est aptère; il peut se transporter à de petites distances et marche même assez vite, mais il ne peut pas traverser de grands espaces, et son existence serait bientôt éteinte par la ruine des ceps qu'il aurait fait périr, si la nature n'y avait pas pourvu. En juillet, et plus tard on observe qu'il peut être transformé en un insecte ailé ressemblant un peu, en petit, à une mouche ordinaire. Pour cela, il faut qu'il ait été alimenté par une nourriture particulière, qui est le suc plus substantiel et plus riche des extrémités les plus vivantes et les plus jeunes des radicelles de la vigne et non le suc des grosses racines. Par l'influence de cette nourriture, les phylloxeras prennent des ailes, ils remontent à la surface du sol et ils sont enlevés et transportés par le vent à d'assez grandes distances. Ils sont d'ailleurs, en tout, pareils aux autres individus femelles dont ils ne diffèrent que par leurs ailes et vivent et se nourrissent

comme eux; ils ont un ovaire, mais ne donnent naissance qu'à trois œufs d'où sortent les individus sexués, capables de s'accoupler.

Cette étude des mœurs du phylloxera se continue et fait chaque jour des progrès nouveaux; mais, dès à présent, et dans son état actuel, elle laisse concevoir l'espoir qu'on en retirera des applications utiles à une époque peu éloignée; on peut même déjà reconnaître les époques où la destruction de cet insecte peut être tentée avec le plus de chances de succès. M. *Faucon*, guidé par la pensée que la maladie de la vigne était due à la présence du parasite qui l'épuisait, a inondé ses vignes pendant l'hiver. A cette époque, l'insecte engourdi et inerte était dans l'impossibilité de se soustraire à la destruction et le succès de l'opération était assuré. Au printemps, en effet, les phylloxeras se réveillent, pondent et les jeunes apparaissent doués d'une grande activité; mais alors, comme on est à l'origine de la période annuelle, la mort de chaque individu supprime les milliards qu'il aurait produits pendant l'année. En automne, d'autre part, la destruction des mâles et des femelles empêcherait la naissance des innombrables générations fécondées pour un long avenir qui sortiraient de leurs œufs.

En résumé, quant aux mœurs du phylloxera, les observations dues à la science n'ont pas été décisives, mais sont loin d'être restées stériles.

Si les grosses racines sur lesquelles le phylloxera se fixe en hiver dépérissent, c'est que l'insecte hibernant n'est pas engourdi et continue à se nourrir de leur suc, son suçoir implanté dans leur tissu.

Si la vigne meurt, c'est que toutes ses radicelles ont été attaquées par l'insecte, et que ses piqûres déterminent la formation de nodosités qui pourrissent en hiver, ce qui prive la vigne de tous ses organes nourriciers.

Dès le milieu d'avril, le phylloxera commence à poudre, et tous ses œufs, les œufs d'été, ordinairement en nombre effrayant, produisent des femelles voraces et fécondes, se multipliant à l'infini, sous la forme aptère et destinées à vivre et à mourir dans un étroit rayon.

Pour se transporter au loin et créer de nouvelles familles, l'insecte prend une nourriture choisie, devient ailé et va pondre à distance des œufs capables de donner des individus sexués destinés à l'accouplement et privés de suçoirs et d'organes digestifs.

De ceux-ci sortent des femelles dont les œufs, les œufs d'hiver, passent l'hiver sans éclore et qui, au printemps, deviennent le point de départ d'une nombreuse famille dont toutes les femelles se trouvent fécondes pendant de longues générations.

A quelques nuances près, cette histoire du phylloxera des racines ne diffère pas de celle du phylloxera des feuilles qui se développe sur les feuilles des vignes américaines. Je considère le phylloxera comme originaire d'Amérique, comme transporté en France. Mais je m'arrête, ayant voulu seulement rétablir le rôle et les devoirs de la science dans leur véritable jour.

VIN (*angl.* wine, *all.* wein). Le vin est la liqueur obtenue par la fermentation du jus de raisin. Il existe un nombre infini de variétés de vins qui diffèrent toutes entre elles, par la couleur, la saveur, la consistance.

Les vins sont généralement *rouges* ou *blancs*, suivant qu'ils proviennent de raisins noirs ou blancs, suivant aussi qu'ils ont fermenté plus ou moins longtemps sur la pellicule.

Les vins sont *liquoreux* ou *secs*. Les vins liquoreux sont ceux dans lesquels le sucre n'a pas été complétement décomposé; ils sont plus ou moins spiritueux. Le sucre qu'ils renferment leur donne une consistance que n'ont pas les autres vins. Les vins secs sont ceux dans lesquels tout le sucre a disparu. Parmi les vins secs, se classent plusieurs variétés de liquides, depuis les vins fins jusqu'aux vins les plus communs.

Les *vins mousseux* sont des vins dont la fermentation n'a pas été complète et qui retiennent de l'acide carbonique en dissolution. Cet acide, en se dégageant, donne naissance à une mousse blanche qui s'élève sur le vin.

FABRICATION DU VIN. Le vin rouge étant le plus généralement connu en France, nous commencerons par décrire sa fabrication; nous indiquerons ensuite les modifications qu'il faut apporter dans celle du vin blanc, des vins de liqueur, du vin mousseux ou de Champagne, etc., etc.

Vin rouge. La fabrication du vin rouge comprend les quatre opérations suivantes:

1° La *vendange* ou récolte de la matière première;
2° Le *foulage* ou expression du jus, opération qui quelquefois est précédée de l'*égrappage;*
3° La *fermentation* du moût;
4° Le *décuvage*, le *pressurage*, la *mise en tonneau*, etc.

La vendange a une grande influence sur la nature et la qualité du vin, et cependant, c'est en général l'opération la plus négligée. Tout le monde sait que ce sont les raisins mûrs qui font les bons vins, mais en même temps on sait aussi que la maturité parfaite n'arrive pas à la même époque pour toutes les espèces de raisin. Si donc on veut avoir du vin de bonne qualité, il est de toute nécessité de cueillir le raisin à diverses reprises, de le trier, de séparer avec beaucoup de soin les grains verts, mal mûrs ou pourris. Lorsque le raisin noir est mûr, la queue de la grappe, de verte qu'elle était, devient brune, elle devient pendante, le grain de raisin a perdu sa dureté, la grappe et les grains se détachent facilement, le jus du raisin est doux, épais et gluant. La maturité du raisin blanc se reconnaît à l'*aoûtement* du bois, à la transparence du grain, à sa saveur sucrée et à l'apparition de taches brunes à sa surface.

Dans les départements du Midi la vendange se fait du 8 au 20 septembre; dans ceux du Centre et du Nord elle se fait du 20 au 30 septembre dans les années précoces, et au commencement d'octobre dans les années tardives. Il est des automnes pluvieux pendant lesquels le raisin pourrit plutôt que de mûrir, et la grappe reste toujours verte. Pour vendanger on choisit alors le point le plus complet de maturité relativement à la saison.

Pour faire certains vins on laisse faner le raisin sur le cep. C'est ainsi que se fait le fameux vin muscat de Rivesaltes, celui de Tokay, etc., etc. On suit la même méthode dans l'île de Candie, dans l'Espagne, etc., pour faire ces vins liquoreux si renommés. A Arbois et à Château-Châlons, qui produisent les vins s'approchant le plus des meilleurs vins liquoreux, on ne vendange qu'à Noël.

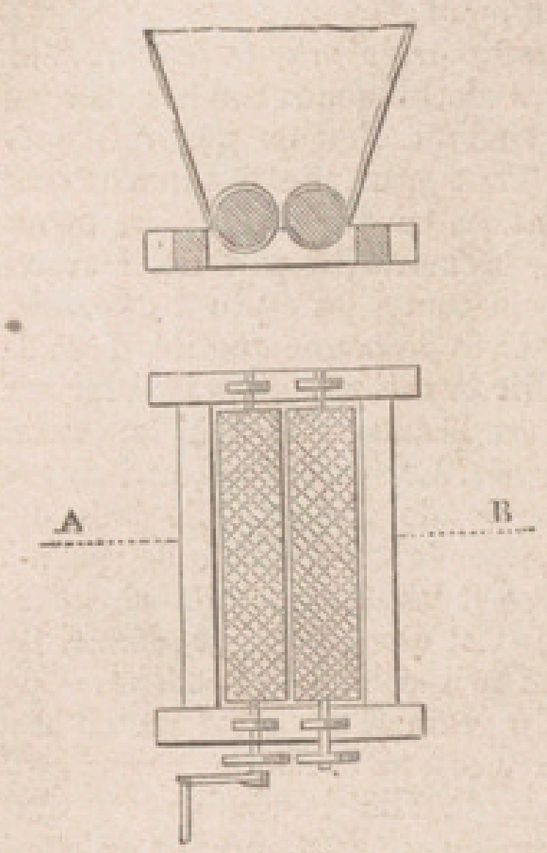
On ne doit commencer la vendange que lorsque le sol et les raisins sont secs et que, d'un autre côté, le temps paraît assez assuré pour que les travaux ne soient pas interrompus. On choisira, autant que faire se pourra, un jour chaud, car le froid retarde les premiers mouvements de la fermentation, ce qui nuit toujours à la qualité du vin. Dans la Champagne, pour la fabrication du vin blanc, on suit une méthode inverse. On vendange avant le soleil levé, ou du moins avant qu'il ait dissipé la rosée.

La serpette et le couteau doivent être interdits pour la coupe du raisin: ils sont lourds, fatiguent la main, et donnent au sarment et à la grappe des secousses qui font tomber les grains; on ne doit permettre aux vendangeurs que l'usage des ciseaux et du sécateur. L'ouvrier soutient le raisin de la main gauche, il le coupe de la main droite et le dépose dans un panier en osier ou dans une seille. Un ouvrier, portant une hotte sur son dos, suit les vendangeurs, et à mesure que leurs

paniers sont remplis de raisins, ils sont vidés dans cette hotte pour être portés là où ils doivent être traités.

La récolte étant faite, il est nécessaire de mettre les raisins dans des conditions telles qu'une fermentation uniforme puisse s'établir dans toutes ses parties. Le jus de raisin, tant qu'il reste protégé par son enveloppe contre le contact de l'air, n'éprouve que des modifications à peine appréciables. La grappe et les grains ne font que se dessécher peu à peu. Mais il suffit d'ouvrir l'enveloppe pour changer les propriétés de ce suc qui, dès qu'il se trouve en contact avec l'air, subit la fermentation spiritueuse par suite de l'action chimique que l'oxygène de l'air exerce sur l'un de ses éléments constituants. Le raisin récolté doit donc être soumis à une pression convenable pour en extraire le jus et le placer ainsi dans des conditions convenables pour subir la fermentation.

2551.



2552.

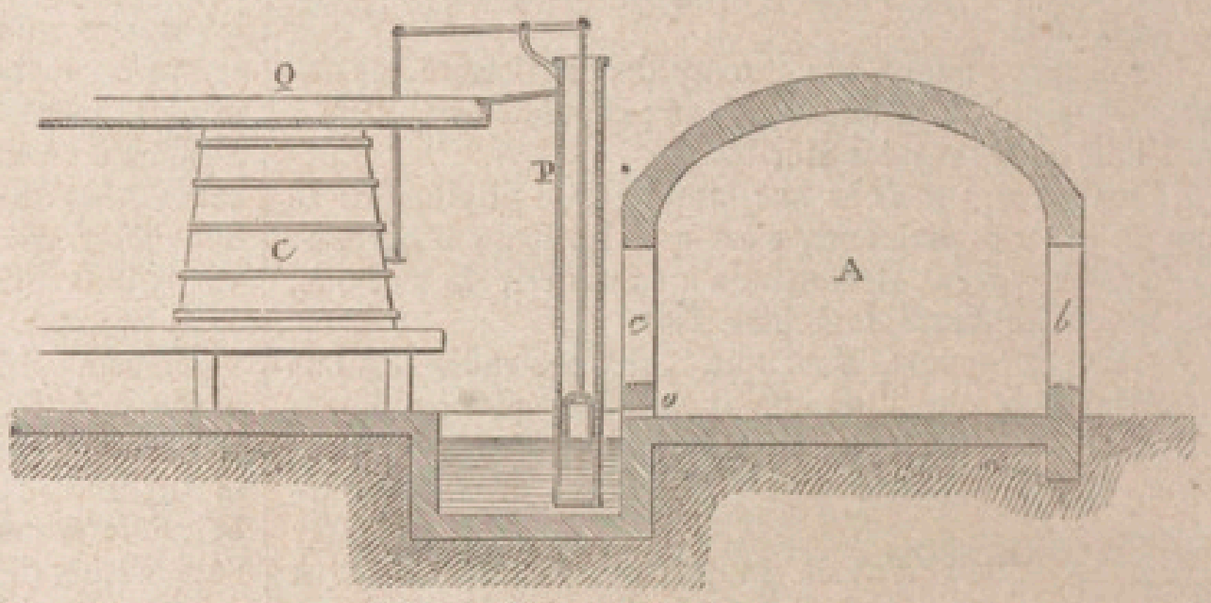
Le foulage atteint ce but : avant de fouler le raisin, on procède quelquefois à une première opération, l'*égrappage*, opération qui a pour but de séparer les grains de la rafle.

On a discuté pendant longtemps pour savoir s'il est avantageux d'égrapper ou de ne pas égrapper les raisins. La grappe étant âpre et amère, les vins qui proviennent de raisins non égrappés participent plus ou moins de cette qualité ; mais il est des vins faibles dont la fadeur naturelle est relevée par la saveur âpre de la grappe. Il existe des vignobles où, après avoir égrappé le raisin, on a abandonné cette méthode, car le vin que l'on obtenait se conservait moins bien que celui obtenu sans égrapper. Nous pensons que si les raisins sont parfaitement mûrs, il est convenable d'égrapper, car la rafle ne peut donner qu'un mauvais goût au vin. Dans les années pluvieuses, au contraire, où le raisin ne parvient pas à une maturité complète, nous croyons qu'il ne faut pas égrapper, car la rafle accélèrera la fermentation et améliorera le vin en relevant sa faiblesse.

Dans quelques vignobles le foulage se commence à la vigne. Il se fait ordinairement par des hommes qui trépignent le raisin avec leurs pieds, dans des cuves disposées à cet effet : ils répètent cette opération plusieurs fois, d'abord au fur et à mesure que la cuve s'emplit et ensuite quand le moût a subi un premier mouvement de fermentation.

Il serait avantageux d'écraser plus uniformément le raisin par un procédé mécanique ; mais ce qu'il faut surtout éviter dans le foulage à la mécanique, c'est le broyage des rafles et des pépins qui, tout en étant avantageux pour des moûts trop fades, est le plus souvent nuisible en ce qu'il donne au liquide une saveur trop acerbe. Il faut donc employer des appareils tellement disposés que les grains de raisin seuls soient écrasés. La machine représentée fig. 2551 et 2552 atteint parfaitement ce but. Cet appareil se compose de deux cylindres recouverts d'un treillis en fil de fer à larges mailles ; les aspérités ainsi produites suffisent pour engager les grappes et rompre les grains de raisin, sans que le rapprochement soit tel que les rafles et les pépins soient écrasés.

Dans les grandes exploitations on emploie une méthode beaucoup plus expéditive encore. La fig. 2553 indique la disposition du cellier où sont écrasés les raisins, de la pompe qui sert à élever le moût et des cuves de fermentation. A est la cave voûtée sur le sol de laquelle on piétine les raisins qui y sont jetés par la porte *b* ; *c*, porte qui sert à enlever les rafles de dessus



2553.

le sol de la cave ; *o*, orifice par lequel s'écoule le moût provenant de l'écrasage des raisins. Une pompe P élève le moût dans la rigole Q d'où il se distribue dans les cuves de fermentation C.

La cuve doit être remplie avec la vendange du jour. Si on la remplit en quatre ou cinq jours, comme cela arrive malheureusement dans certains vignobles, on s'expose à avoir une suite de fermentations successives qui, par cela seul, sont toutes imparfaites : une portion de la masse a déjà fermenté que la fermentation commence à peine dans une autre partie. Le vin que l'on obtiendra sera donc un mélange de plusieurs vins plus ou moins fermentés. Un bon vigneron doit donc proportionner le nombre de ses vendangeurs à la capacité de sa cuve, et lorsqu'une pluie vient interrompre la vendange, il doit laisser fermenter séparément ce qui se trouve déjà ramassé et déposé dans la cuve.

Le raisin étant foulé par un des procédés que nous avons indiqués, on procède au partage du moût dans les cuves où doit s'opérer la fermentation.

La fermentation est l'opération la plus importante de la vinification, puisque c'est par elle que le moût se change en vin. Avant de décrire les méthodes que l'on emploie dans la pratique pour faire fermenter le moût, nous étudierons sa composition, ses principales propriétés, pour passer ensuite les produits fournis par la fermentation.

Le moût renferme *beaucoup d'eau*, du *sucre de raisin* ou *glucose*, du *mucilage*, du *tannin*, une *matière azotée soluble* qui constitue le ferment, de l'*acide malique libre*, du *bitartrate de potasse*, des *tartrates de chaux et de potasse*, du *sel marin*, du *sulfate de potasse*, une *matière*

colorante bleue qui rougit par les acides, enfin des *matières grasses* qui proviennent soit du jus de la pellicule, soit des pépins.

De tous ces principes, le plus important est le sucre, puisque c'est lui qui *converti en alcool* constitue la *force du vin ;* les autres substances ne paraissent être qu'accessoires et ne font que modifier sa saveur : c'est du nombre de ces matières, des diverses proportions dans lesquelles elles se trouvent mélangées et peut-être aussi de leur état particulier que proviennent les nombreuses variétés des vins (Masson-Four).

De nombreuses expériences ont montré que pour être ajouté au vin, le *sucre d'amidon* ou *glucose*, très voisin par ses propriétés du sucre de raisin, est celui qui donne les meilleurs résultats. Les sucres de cannes et de betteraves sont moins bons.

Cette méthode de corriger la mauvaise qualité du moût est employée aujourd'hui dans un grand nombre de vignobles. Nous devons dire cependant que le sucre ne doit être employé qu'avec *beaucoup de discernement*, car si on en met trop, il empâte le vin, donne beaucoup de lie, le dispose à la graisse et surtout à l'acide. Disons enfin que le sucre ajouté au moût donnera bien *un vin aussi riche en alcool, que celui des bonnes années, mais qui lui sera toujours inférieur sous le rapport de la qualité.*

Autrefois on pensait que dans le cas où le vin manque d'alcool, on pouvait en ajouter pour l'amener au titre ordinaire. Certains œnologues prétendent encore aujourd'hui, qu'au lieu d'ajouter du sucre au moût, il est plus convenable d'ajouter de l'alcool dans la cuve avant que la fermentation soit achevée. En agissant ainsi on donnera bien au vin la force qu'il doit avoir, mais jamais le vin que l'on obtiendra ainsi ne sera aussi bon que celui obtenu en ajoutant au moût la quantité de sucre nécessaire pour obtenir l'alcool qui manque ; car il est tout différent d'introduire l'alcool dans le vin ou le sucre dans le moût. Cela tient sans doute à ce que pendant la fermentation il se passe des réactions chimiques que nous ne connaissons pas, et auxquelles participent plus ou moins les diverses matières renfermées dans le moût (Dumas, VI^e^ vol.).

Nous n'avons rien à dire sur la théorie de la FERMENTATION (voyez ce mot) ; elle exige le concours de l'air pour commencer, mais une fois qu'elle est produite ce concours devient inutile et même nuisible. Plus loin nous reviendrons sur les méthodes que l'on emploie dans la pratique pour faire fermenter le moût.

Quand la fermentation est terminée le moût a changé de nature ; le sucre s'est transformé en alcool qui reste, dans le liquide et en acide carbonique qui a disparu.

Pendant longtemps on a discuté pour savoir si l'alcool existe tout formé dans le vin, ou bien s'il se forme par l'effet de la chaleur employée pour le distiller. M. Gay-Lussac a prouvé que la deuxième opinion, soutenue par Fabroni, était inadmissible.

M. Gay-Lussac a en effet démontré : 1° que l'alcool peut être extrait du vin dans le vide à la température de 15° centigrades ; 2° qu'on peut en retirer l'alcool par le procédé suivant : on agite le vin avec un excès de litharge porphyrisée, on décante pour séparer l'excès de cet oxyde et le tartrate de plomb ; la liqueur décantée est introduite dans un tube qui contient de la potasse du commerce bien sèche ; celle-ci se dissout, s'empare de l'eau et met l'alcool en liberté. Ce procédé ne donne pas des résultats bien exacts. L'alcool qui se sépare retient plus ou moins d'eau, et la potasse elle-même retient plus ou moins d'alcool.

Pour connaître exactement la quantité d'alcool contenue dans le vin, il faut avoir recours à la distillation. Pour cela, on distille aux 2/3, et on ajoute au produit distillé assez d'eau pour reproduire le volume primitif du vin. On détermine la densité du liquide, et au moyen des tables, qui donnent la richesse en alcool à diverses densités, on a la teneur du vin en alcool (voyez le mot ALCOOMÈTRE).

C'est par ce procédé que M. Brandes a déterminé la teneur en alcool des vins contenus dans la table suivante (les chiffres contenus dans cette table indiquent la quantité d'alcool à 0,825 de densité que 100 parties de vin contiennent. Pour ramener ces nombres à exprimer de l'alcool absolu, dont la densité à 15°,50 C. est 0,793, il faut les multiplier par 0,92) :

	Alcool p. 100 en volume.		Alcool p. 100 en volume.
Vin de raisins secs.	26,40	Bordeaux. . . .	12.01
Idem. . .	25,77	Lunel.	15,52
Idem. . . .	23,30	Bourgogne. . .	16,60
Vin d'Oporto. .	25,83	Idem. . . .	15,22
Madère. , .	24,42	Idem. . . .	11,95
Idem (Sercialle).	21,40	Vin vieux du Rhin.	14,37
Idem. . .	19,24	Idem. . . .	13
Madère rouge. .	22,30	Idem (en tonn.). .	8,88
Idem. . . .	18,40	Alicante. . . .	13,80
Xérès.	19,81	Champagne (non mousseux). .	13,88
Lacryma-Christi.	19,70	Idem (mousseux).	12,80
Constance blanc. .	19,75	Idem rouge. . .	12,56
Idem. rouge. .	18,92	Idem. . . .	11,30
Malaga. . .	18,34	Frontignan. . .	12,79
Ermitage blanc. .	17,43	Côte rôtie. . .	12,32
Idem. rouge.	12,32	Tokay. . . .	9,88
Roussillon. . .	19,00	Eau-de vie. . .	53,39
Idem. . . .	17,26	Rhum.	53,69
Bordeaux. . . .	17,11	Whiskey d'Islande.	53,90
Idem. . . .	14,08		

Le vin a une composition analogue à celle du moût qui l'a produit. Il renferme de l'*eau*, de l'*alcool*, un *peu de sucre non décomposé*, du *mucilage*, du *tannin*, de l'*acide acétique*, de l'*acide malique*, du *bitartrate de potasse*, du *tartrate et du malate de chaux*, du *sulfate de potasse*, du *sel marin*, une *matière colorante jaune*, et, de plus, dans les vins rouges, une *matière colorante rouge* qui, suivant Robiquet, peut être obtenue en cristaux. Enfin dans tous les vins il existe sans doute une *huile éthérée* plus ou moins abondante, plus ou moins suave qui constitue le *bouquet des vins*. Les expériences de MM. Chevreul, Balard et Laurent, ont démontré que le bouquet des vins possède les principales propriétés des huiles essentielles. Le bouquet et la saveur des vins, dit Liebig (*Lettres sur la Chimie*, 13^e^ lettre), sont toujours le résultat de combinaisons particulières qui se forment pendant la fermentation. Ainsi les vieux vins du Rhin contiennent de l'*éther acétique* et même de l'*éther butyrique*. Tous les vins contiennent de l'*éther œnantique ;* c'est à lui qu'ils doivent leur odeur vineuse. Les combinaisons dont il vient d'être parlé se forment en partie dans l'acte même de la fermentation et en partie pendant le repos du vin, par l'effet de la réaction des acides sur l'alcool. Il paraît que l'acide œnantique se produit pendant la fermentation du jus de raisin, car, jusqu'à présent du moins, il n'a pas été rencontré dans la grappe. La saveur *pierre de fusil* qu'ont certains vins de la Gironde est due, suivant M. Lauré, de Bordeaux, à un sel de fer qu'ils contiennent.

La couleur des vins rouges provient des pellicules des raisins noirs avec lesquels on fait fermenter le moût, et dont le principe colorant, qui rougit par l'acide libre du vin, se dissout à mesure que la liqueur devient alcoolique. Le vin enlève en outre aux pellicules une quantité assez forte de tannin qui lui donne sa saveur astringente.

L'intensité de la couleur des vins varie beaucoup ; les uns sont rosés ; d'autres sont d'un rouge vif ; quelques-uns, nommés *teinturiers*, sont rouge-violet et sont employés pour donner de la couleur à ceux qui en man-

quent. Il s'en consomme une quantité énorme à Paris pour colorer des mélanges s'approchant plus ou moins du vin naturel.

Nous avons vu précédemment que le raisin foulé était mis dans des cuves où doit s'opérer la fermentation. La vendange y est à peine déposée que la fermentation commence. Elle s'annonce d'abord par de petites bulles qui paraissent à la surface du moût ; peu à peu on en voit qui partant du centre de la masse, viennent crever à la surface. On voit alors très sensiblement s'élever au-dessus du liquide de petites gouttes qui retombent de suite. Dans cet état, le liquide se trouble et s'échauffe ; tout est mêlé. Les rafles, les pépins, sont poussés, élevés, jusqu'à ce qu'enfin ils se fixent à la surface pour former le *chapeau de la vendange*, ou se déposent au fond de la cuve pour former le *marc*.

Le dégagement de ces bulles aériformes augmente considérablement le volume de la masse. La liqueur s'élève dans la cuve au-dessus de son ancien niveau.

La fermentation est alors ce qu'on appelle *tumultueuse*. Elle dure plus ou moins longtemps, selon la nature du moût et la température. Pendant ce temps le liquide se colore en rouge, il perd en douceur, et il acquiert une *saveur vineuse*. A partir de cet instant la température diminue, la liqueur s'éclaircit, le chapeau s'affaisse ; c'est le moment de tirer le vin.

Telle est la marche que suit la fermentation toutes les fois que la saison est favorable et que le raisin est parfaitement mûr ; mais il s'en faut de beaucoup que cette marche soit toujours aussi régulière. La fermentation, quoique s'opérant d'une manière spontanée, est une opération qui doit être entièrement dirigée par l'art. Si donc on ne se trouve pas dans des conditions favorables, il faut s'arranger de manière à éloigner tout ce qui peut nuire pour obtenir une bonne fermentation.

Les vices de la fermentation se déduisent de la nature du raisin, qui en est le sujet, et de la température, qui peut être considérée comme un puissant auxiliaire.

Si l'année a été mauvaise, le raisin n'est pas mûr, il ne renferme pas assez de sucre pour fermenter. Nous avons déjà vu qu'on pouvait ajouter au moût la quantité de sucre qui lui manque. Lorsque le moût est trop aqueux, on peut l'améliorer en le concentrant dans des chaudières à bascules semblables à celles qu'emploient les raffineurs de sucre. De cette manière on chasse l'excès d'eau qui se trouve dans le moût ; le sucre se trouvant alors moins délayé, la fermentation marche plus régulièrement. Dans quelques vignobles on ajoute du plâtre aux moûts trop aqueux, pour enlever l'excès d'eau qu'ils renferment.

Si le moût est trop épais et trop sucré, la fermentation sera lente et imparfaite ; les vins seront doux et liquoreux, et ce n'est qu'après un long séjour dans les bouteilles qu'ils s'éclairciront et deviendront de bonne qualité. Il serait aisé de provoquer la fermentation en délayant le moût dans l'eau.

Sous le rapport de la température, il convient que les cuves dans lesquelles le moût fermente soient enfermées dans un *cellier clos*, afin de pouvoir régulariser la fermentation, quelles que soient les variations de température à l'extérieur. On a remarqué, en effet, que, dans les halles ouvertes, la durée de la fermentation varie avec la température extérieure ; par un temps chaud elle dure vingt-quatre heures, tandis que par un temps froid elle dure de huit à dix jours. Dans ce dernier cas, le vin s'altère et devient trop acide, circonstance nuisible, surtout pour les vins faibles.

Si le raisin fermente difficilement, on recouvre la vendange de couvertures, si les cuves sont placées dans un lieu ouvert ; dans le cas contraire, on échauffe l'atmosphère où elles se trouvent.

La fermentation est d'autant plus rapide, plus prompte, plus tumultueuse, plus complète, que la masse est plus considérable. On a vu du moût déposé dans un tonneau, ne terminer sa fermentation que le onzième jour, tandis qu'une cuve qui en était remplie et en contenait douze fois le même volume, avait fini le quatrième jour. Il est impossible de déterminer quel est le volume le plus favorable à la fermentation ; il paraît même qu'il doit varier selon la nature du vin et le but qu'on se propose. Si l'on veut conserver l'arome la fermentation doit s'opérer en plus petite masse que s'il s'agit de développer tout l'alcool pour faire des vins propres à la distillation.

Disons enfin que, dans tous les cas, on ne doit jamais perdre de vue que la fermentation doit être gouvernée d'après la nature du raisin, et conformément à la qualité de vin qu'on veut obtenir. Chaque vignoble a des procédés qui lui sont prescrits par la nature des raisins qu'il produit, et par la qualité du vin qu'on veut obtenir.

On emploie deux méthodes pour opérer la fermentation : d'après l'une, on laisse le moût exposé à l'air pendant toute la durée de la fermentation ; d'après l'autre, on interdit plus ou moins complétement l'accès de l'air.

La première de ces méthodes ou la fermentation dans les *cuves ouvertes* est la plus anciennement suivie, et celle qui se pratique encore le plus généralement. Cette méthode, essentiellement vicieuse dans *bien des circonstances*, commence à être abandonnée pour être remplacée par la seconde, depuis que l'on est parvenu à jeter quelque lumière sur le phénomène de la marche de la fermentation.

Les vignerons qui font fermenter le moût dans les cuves ouvertes, remplissent la cuve en laissant vide la 1/10e ou la 1/12e partie de sa capacité. Quand, au contraire, on suit la deuxième méthode, on emplit la cuve aux 8/10es, puis on la ferme exactement.

Les cuves sont ordinairement en bois, de forme conique ou carrée ; on en construit aussi en maçonnerie. Lorsqu'elles doivent servir à la fermentation à l'air libre, elles sont ouvertes à leur partie supérieure ; celles qui doivent servir à la fermentation à l'abri de l'air sont fermées à leur partie supérieure par un couvercle, dans lequel on a ménagé une ouverture de 0m,50 de diamètre, qui sert à l'introduction de la vendange et à la vidange du marc. Cette ouverture est fermée au moyen d'un couvercle maintenu solidement sur les rebords de l'orifice au moyen d'un levier et d'un poids. Un tuyau est adapté au couvercle et sert au dégagement de l'acide carbonique, qui avant de s'échapper dans l'air est obligé de barboter dans une cuvette pleine d'eau, disposition qui empêche le contact de l'air libre avec la vendange.

On a beaucoup vanté, pour la fermentation, l'emploi d'un appareil inventé par mademoiselle Gervais. Cet appareil se composait d'une cuve fermée par un couvercle, au milieu duquel on a ménagé une ouverture qui reçoit un grand chapiteau en fer blanc enveloppé d'un réfrigérant. Du sommet du chapiteau partent deux tubes qui vont plonger dans un vase rempli d'eau ; un des tubes porte une soupape de sûreté. Mademoiselle Gervais prétendait qu'avec son appareil elle condensait beaucoup d'alcool qui se vaporisait pendant la fermentation et qui était entraîné par la fermentation, qu'elle obtenait plus de vin, du vin plus parfumé, plus colore, etc., etc. Elle allait même jusqu'à dire qu'avec cet appareil on obtenait de 12 à 15 p. 100 de plus qu'avec les appareils ordinaires. Mais M. Gay-Lussac a démontré que les promesses de mademoiselle Gervais étaient singulièrement exagérées, en prouvant que la perte en alcool entraîné par l'acide carbonique ne s'élevait pas à 1/2 p. 100 de l'alcool produit et en montrant que son appareil perfectionné pouvait être remplacé par une cuve fermée.

On emploie quelquefois des cuves en maçonnerie qui ont la propriété de résister aux variations brusques de température, condition, selon nous, très favorable loin d'être nuisible ; sous ce rapport, elles ont un avantage marqué sur les cuves en bois, qui, comme on le sait, ne sont pas à l'abri des variations de la température extérieure. Il est vrai qu'elles communiquent un mauvais goût au vin, qui est surtout sensible la première année ; mais si la cuve a été construite avec de bons matériaux cet inconvénient se réduit à bien peu de chose pour la seconde année. Nous croyons que ces cuves sont très bonnes pour faire fermenter des vins communs, surtout ceux destinés à la distillation.

Revenons maintenant sur les avantages respectifs des deux méthodes que nous venons de passer en revue. Lorsque la fermentation n'est pas de longue durée, lorsqu'elle est prompte, tumultueuse, que la température de l'atmosphère est convenable, il y a *autant d'avantage à opérer en vase ouvert qu'en vase clos.* C'est ainsi qu'on opère pour les vins fins de Bordeaux et de Bourgogne dans les bonnes années. Si la marche de la fermentation ne se ralentit pas, il est inutile de fouler ou de plonger le chapeau dans le vin. Dans tous les cas, au lieu de faire entrer des hommes dans les cuves, il conviendrait de plonger le chapeau avec un plateau de bois percé de trous.

Nous avons déjà vu que du moment où les circonstances venaient à varier, la fermentation ne marchait plus régulièrement. Dans les cuves ouvertes, si l'atmosphère est sèche, le chapeau se dessèche, l'air le pénètre, il se forme de l'acide acétique, et quand on le plonge dans la cuve il communique au vin une disposition à passer à l'acide.

Si l'air est humide le chapeau s'imprègne d'eau, il se développe une fermentation putride et un commencement de moisissure. Ce chapeau immergé dans le vin (par suite du foulage de la vendange) n'y produira que de mauvais effets. Enfin si la température extérieure varie, la durée de la fermentation variera aussi, comme nous l'avons déjà dit.

Les cuves couvertes remédient à presque tous les inconvénients que nous venons de signaler, la température intérieure est conservée et, comme le dit M. Masson-Four, le moût avant de passer à la fermentation alcoolique, *se mûrit.* L'air n'ayant pas accès, son influence défavorable est nulle. Le chapeau n'éprouve aucune réaction acide ou putride. On a remarqué que dans les cuves couvertes le vin ne prend pas autant de corps, ni autant de couleur que dans les cuves ouvertes ; ce qui est un obstacle à la vente des vins qui n'offrent pas ces caractères au degré voulu, quoiqu'ils soient plus spiritueux et d'un goût plus agréable. Cela vient de ce que dans les cuves ouvertes on foule la vendange pendant la fermentation, et que par conséquent le vin doit se colorer plus fortement. Avec les cuves fermées, au contraire, il est impossible de fouler le raisin.

Chaptal avait proposé de tenir le chapeau toujours immergé au moyen d'un treillage fixé aux parois de la cuve. Cette disposition, tout en tenant le chapeau immergé dans le liquide, permet de fermer la cuve. M. Beauregard d'Angers emploie depuis plusieurs années une cuve qui a beaucoup d'analogie avec celle de Chaptal et qui donne de bons résultats. C'est une cuve en bois dans l'intérieur de laquelle se trouve un double fond percé de trous. Ce double fond est surmonté de chevilles qui contreboutent au couvercle, qui lui-même est fixé contre la cuve par une barre de bois attachée au bâti en charpente, sur lequel repose la cuve. Le couvercle est percé de deux trous, l'un sert au dégagement de l'acide carbonique, l'autre sert à introduire un tube percé de trous, destiné à recevoir un thermomètre. Il existe encore d'autres appareils plus ou moins perfectionnés, inventés par MM. Barsi et Rubano ; mais les bornes resserrées de cet article nous empêchent de les décrire. (Voyez *Cours d'agriculture du* XIX^e^ *siècle*, article VIN, tome XVII *bis*.)

Aussitôt que la fermentation est terminée il faut soutirer au clair le liquide et le distribuer dans des vases qui doivent le conserver. L'on n'est pas d'accord sur le moment que l'on doit choisir pour le décuvage. On ne peut donner à cet égard aucun précepte absolu et applicable dans tous les pays. Le moment de décuver doit varier selon le climat, la saison, la qualité des raisins, la nature du vin qu'on se propose d'obtenir et d'autres circonstances qu'il ne faut jamais perdre de vue. Si le vin est destiné à la distillation on ne doit le tirer de la cuve que quand tout le sucre est converti en alcool ; mais si l'on veut du vin fin et peu chargé en couleur, on se guide sur ces caractères, et dans ce cas il y aurait plus de danger de décuver trop tard que de soutirer trop tôt.

Les signes que l'on indique pour reconnaître le moment le plus opportun pour soutirer la cuve, sont : 1° la cessation de l'activité de la fermentation et la diminution de densité du moût ; 2° la saveur qui, de douce et sucrée, devient piquante et vineuse ; 3° l'odeur qui est ce qu'on appelle *fragrante ;* 4° la couleur.

Tous ces signes sont équivoques, ils peuvent varier avec la nature du moût qui a fermenté. Nous avons dit précédemment que la fermentation avait pour but de transformer le sucre du moût en alcool, elle sera donc achevée quand la liqueur ne renfermera plus de sucre, et par conséquent quand il ne se produira plus d'alcool. Le signe le moins variable pour reconnaître si la fermentation est terminée est donc celui qu'on déduit de la distillation ; seul moyen de s'assurer du moment précis où il ne se forme plus d'alcool.

Nous indiquerons plus loin un petit appareil que les vignerons pourront employer pour s'assurer s'il ne se forme plus d'alcool ; quant à présent nous donnerons une méthode plus expéditive, plus commode, suffisamment exacte et à la portée de tout le monde. On a un tube divisé en 150 parties égales, on y verse du vin de manière à remplir 100 divisions ; on ajoute du sous-acétate de plomb jusqu'à cessation de précipité ; on laisse reposer ; on jette ensuite par petites portions du carbonate de potasse sec et chaud jusqu'à ce qu'il ne se dissolve plus dans le liquide. Ce sel s'empare de la plus grande partie de l'eau et forme une solution plus dense qu'elle ; l'alcool existant dans le vin se trouve séparé par ce procédé et nage au-dessus de la dissolution de carbonate de potasse. Le nombre de degrés mesurés par la couche alcoolique donne la proportion en volume d'alcool à 0,825 de pes. spécifique. Si deux essais indiquent la même quantité d'alcool, il est temps de soutirer, car il ne s'en produit plus.

Le soutirage du vin est une opération importante, et cependant elle se fait généralement avec très peu de soin. Le procédé ordinairement suivi consiste à tirer le vin dans des seilles et à le porter ensuite dans des tonneaux. On voit donc que le vin, *encore chaud*, est mis en contact avec l'air, le marc, ce qui occasionne une perte considérable d'alcool. De plus, le vin ainsi secoué, aéré, est plus disposé à s'aigrir.

Les tonneaux que l'on emploie doivent être préparés convenablement. S'ils sont neufs, on y fait passer, à plusieurs reprises, de l'eau chaude et de l'eau salée, afin d'enlever l'*amertume* que le bois conserve et qu'il pourrait transmettre au vin. S'ils sont vieux, on enlève la couche de tartre qui s'est déposée au fond et on les lave à plusieurs eaux. Enfin, s'ils ont contracté quelques mauvaises qualités, telles que moisissures, etc., il faut les détruire. Plus loin nous dirons quelques mots sur les différentes conditions auxquelles doivent satisfaire de bons tonneaux.

Lorsqu'on entonne le vin encore chaud, on ne remplit

pas les tonneaux de premier vin ; on conserve du vide pour la distribution du vin provenant du pressurage du marc.

On n'enlève de la cuve, par le soutirage, que le vin tout à fait liquide et libre ; il reste à s'emparer de celui que les grappes et les pellicules retiennent en quantité assez considérable. Quelques œnologues pensaient que ce vin devait contenir plus d'alcool que celui qui est resté fluide. Cette présomption n'a pas été vérifiée par les essais comparatifs au moyen de la distillation. Comme le chapeau, par son exposition à l'air, a contracté un peu d'acidité, on a soin de le mettre à part pour le traiter séparément.

Les pressoirs sont les machines à l'aide desquelles on presse le marc pour en extraire le vin qu'il contient. Ces machines varient de bien des façons et opèrent plus ou moins bien le pressurage.

Un bon pressoir doit être solide, facile à construire, peu dispendieux, et doit donner la plus grande quantité possible du vin contenu dans le marc.

Les parties essentielles du pressoir le plus généralement répandu, sont : deux fortes jumelles convenablement consolidées, soutenant tout le système du pressoir, qui se compose : 1° d'une espèce de table ou *maie* en madriers assemblés à rainure et à languette, creusée en bassin et destinée à supporter le tas de marc et en même temps à recevoir le jus qui s'en écoule et qui se rend dans un vase, ordinairement enfoncé en terre, au moyen d'une rigole nommée *béron;* 2° de une ou deux rangées de madriers placés alternativement ; 3° d'un mouton qui opère la pression au moyen d'une forte vis, laquelle est mise en mouvement par un système d'engrenages ou par une corde qui s'enroule sur un cabestan. Ce pressoir, tout grossier qu'il paraît, donne cependant d'assez bons résultats. Pour plus de détails, voyez le mot PRESSE.

Lorsque le décuvage est terminé, tout le marc est porté au pressoir dans des paniers en osier ou dans des baquets en sapin ; on façonne alors le marc de manière à *former le sac,* on l'équarrit aussi bien que possible, on place les madriers, et on presse fortement. Le vin de cette première pressée est considéré comme bon et mêlé avec celui de la cuve. On desserre la vis, on enlève les madriers, on coupe le marc autour de la plate-forme sur laquelle on place les parties taillées, on replace les madriers et on serre de nouveau ; c'est que l'on appelle la première coupée. On en pratique ainsi une deuxième, une troisième et même une quatrième. Pour renouveler le coupage on attend que le vin ne coule plus.

Le vin provenant du pressurage et surtout celui de la dernière coupe est plus ou moins acerbe et désagréable au goût. Si la fermentation a été longue, mal conduite, le vin est aigre, il a une saveur acéteuse, il est alors prudent de ne pas le mêler à celui de la cuve. S'il n'est qu'acerbe, il ne contient que du tannin de la grappe ; il est alors quelquefois utile de l'ajouter au vin de la cuvée.

Si la fermentation a eu lieu dans des cuves fermées il n'y a pas d'inconvénients à faire ce mélange, et à distribuer aussi également que possible le vin de pressurage dans les tonneaux que l'on achève de remplir.

Dans le vin soutiré de la cuve il reste toujours un peu de liqueur qui n'a pas fermenté et qui lui fait subir une seconde fermentation lorsqu'il est dans les tonneaux. Pendant les quinze premiers jours il écume et bouillonne fortement ; il s'en dégage beaucoup d'acide carbonique.

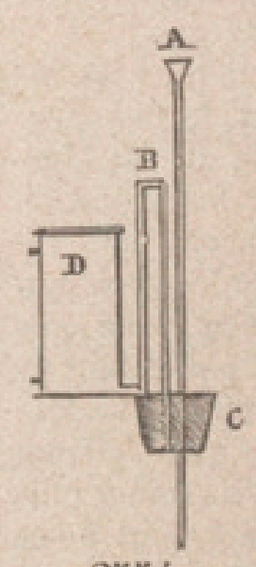
Dans plusieurs localités on remplit chaque jour le tonneau contenant le vin, afin que par l'effet de la fermentation l'écume et les impuretés qui se trouvent à la surface du liquide soient expulsées et rejetées au dehors par l'ouverture de la bonde ; c'est ce qu'on appelle *ouiller*.

Dans d'autres endroits on ne remplit pas tout à fait le tonneau, on laisse un espace vide de 0m,25 à 0m,30, capable de contenir l'écume, qui se dépose à la longue et tombe au fond du tonneau lorsque la fermentation se ralentit. Dans ce cas on ferme la bonde, soit avec un linge chargé de sable, soit avec une tuile, soit enfin avec une des bondes hydrauliques dont nous parlerons tout à l'heure.

Les œnologues sont partagés sur la préférence que l'on doit accorder à l'un ou à l'autre des deux procédés d'ouillage que nous venons de décrire. Dans le premier cas on débarrasse le vin d'une partie des impuretés et du ferment qui, en restant dans la liqueur, la rendent trouble pendant longtemps et peuvent à la longue y occasionner des accidents. Mais pour obtenir ce résultat on est forcé de remplir les tonneaux tous les jours, ce qui constitue un travail considérable, surtout si on a beaucoup de tonneaux. On est, en outre, forcé de laisser le tonneau ouvert, et par conséquent, de laisser le vin exposé à l'action de l'air ; il se trouve donc placé, comme nous l'avons déjà dit, dans des conditions tout à fait défavorables à sa conservation. Dans le deuxième cas on évite tout travail, et à la longue, le vin que l'on fait ainsi se clarifie bien ; mais les matières étrangères qu'il renferme n'en ont pas été expulsées, elles se sont déposées au fond du tonneau, elles peuvent donc y occasionner des accidents.

Un avantage immense qu'a le second procédé, c'est qu'on peut tenir le tonneau fermé, par conséquent, l'influence pernicieuse de l'air n'est plus à redouter ; de plus, l'alcool et l'acide carbonique qui se seraient échappés, sont retenus.

On comprend dès lors l'avantage qu'il y aurait à employer un moyen qui permettrait de combiner ensemble les deux procédés, c'est-à-dire de permettre aux matières étrangères contenues dans le vin de sortir, tout en le tenant à l'abri de l'air. M. J. Ch. Herpin a inventé un appareil excessivement simple qui permet d'atteindre ce double but.



2554.

Cet appareil (fig. 2554) se compose de trois parties : 1° d'un long tube en entonnoir A par lequel on verse le vin pour remplir le tonneau ; 2° d'un tube recourbé B destiné à donner issue au gaz et à l'écume. L'entonnoir et ce tube traversent un bouchon conique C en fer blanc que l'on introduit dans l'ouverture de la bonde ; 3° d'un flacon ou réservoir D dans lequel s'amassent l'écume et le vin.

Pour employer cet appareil on l'enfonce dans le trou de la bonde du tonneau où on le fixe bien solidement ; on verse, par l'entonnoir, du vin dans le tonneau, jusqu'à ce que le tonneau soit plein ; on ferme l'entonnoir et on met du vin dans le réservoir D jusqu'au tiers de la hauteur. Le vin, en travaillant, fera monter l'acide carbonique et l'écume par le tube recourbé aboutissant à la partie inférieure du flacon D ; comme ce flacon renferme une certaine quantité de vin, qui est à la même hauteur dans le tube recourbé, le gaz, pour s'échapper, sera forcé de traverser une colonne de vin qui exercera sur lui une certaine pression et agira ainsi comme une soupape hydraulique. L'écume, chassée, passera à travers les tubes et viendra à la surface du vin qui se trouve dans le réservoir D.

Dans les premiers jours il faudra remplir, au moins deux fois par jour, et mettre une écuelle au-dessous du réservoir D, pour recevoir le vin qui s'en écoule.

Au bout de huit jours, la fermentation se ralentit, elle devient *insensible*, bien qu'elle ne soit pas entièrement terminée. Cette seconde fermentation augmente évidemment la proportion d'alcool. En outre, elle a

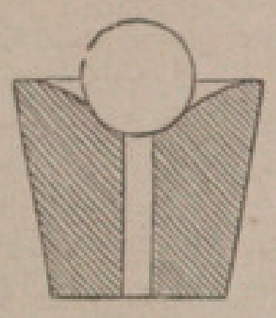
VIN.

pour effet de séparer du vin le tartre qui, en se déposant, adhère aux tonneaux dans lesquels il est renfermé ; comme la saveur du tartre est âpre et désagréable il en résulte que le vin qui aura subi la fermentation insensible sera meilleur et d'un goût plus agréable. C'est ce qui explique pourquoi un vin vieux est meilleur qu'un vin nouveau.

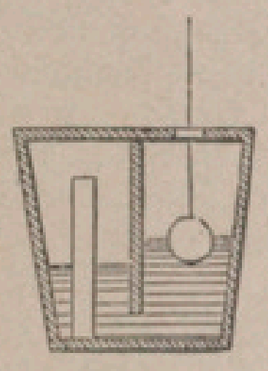
Liebig (*Lettres sur la Chimie*) explique la séparation de la lie de la manière suivante : « La séparation de la lie de vin, durant la fermentation insensible, a lieu à la suite d'une absorption d'oxygène, c'est-à-dire en vertu d'un phénomène d'oxydation qui se passe au sein du liquide. Par le fait de l'absorption de l'oxygène, le principe azoté du jus de raisin, primitivement soluble, perd sa solubilité dans le vin et se précipite. Il résulte des meilleures analyses faites à ce sujet, que la lie de vin est plus riche en oxygène que les substances azotées qui lui donnent naissance. Ce phénomène d'oxydation, qui se passe au sein du liquide et qui détermine le dépôt de la lie, cesse du moment où tout le sucre a disparu, mais il se renouvelle si on ajoute du sucre. Il se reproduit encore lorsqu'on laisse la surface du liquide en contact avec l'air, la séparation des matières azotées s'opère alors aux dépens de l'oxygène de l'air. »

On doit avoir soin de ne pas fermer hermétiquement les tonneaux, tant que la fermentation insensible n'est pas terminée. Autrefois on laissait les tonneaux ouverts. Ce procédé est vicieux, car le vin ainsi exposé à l'air s'acidifie promptement. Il vaut mieux employer les *bondes hydrauliques* qui permettent le dégagement de l'acide carbonique sans mettre le liquide en contact avec l'air. »

La fig. 2555 indique la bonde hydraulique la plus simple qu'on puisse employer : c'est une bonde ordinaire percée d'un trou ; sur ce trou on place une petite sphère qui est soulevée par l'acide carbonique qui se dégage.



2555.



2556.

La fig. 2556 est la bonde hydraulique inventée par M. Payen. Elle est en fer-blanc et a la forme d'un vase conique creux fermé aux deux bases. Cette bonde est construite sur le principe des tubes de sûreté à boule.

Le marc, au sortir du pressoir, devient excessivement dur. Il a divers usages dans le commerce.

Dans quelques vignobles on le distille pour obtenir l'*eau-de-vie de marc* : cette distillation est assez avantageuse si les vins contiennent beaucoup d'alcool, et si les pressoirs pressent peu. Dans le Jura, on distille tout le marc sorti des pressoirs. Le résidu que l'on obtient est ensuite employé comme combustible ; on en forme des *mottes rondes* semblables à celles des tanneurs, ou bien on le répand dans les vignes comme amendement.

Aux environs de Montpellier, on l'emploie pour la fabrication du vinaigre et du vert-de-gris. Dans d'autres localités on l'emploie pour la nourriture du bétail.

Enfin, on peut brûler le marc pour retirer l'alcali qu'il renferme. Le marc est composé des rafles, des pellicules, et des pépins du raisin. On a reconnu que ces parties incinérées séparément donnaient des quantités différentes de potasse. Le tableau suivant renferme les résultats obtenus par M. Domenio Blangini ; les produits indiqués en cendres et en potasse proviennent de 100 kilogr. de matière première.

	Cendres.	Potasse.
Marc de raisin (commune d'Asti).	7k,291	1k,488
— —	3k,571	1k,339
Pellicules desséchées du raisin. .	»	5k,088
Rafles du raisin.	»	3k,984
Pépins de raisins.	»	0k,095

Dans quelques vignobles, au lieu de presser le marc, on met de l'eau dessus ; il s'établit alors une nouvelle fermentation. Au bout de quelques jours, on tire une liqueur colorée d'une saveur vineuse, un peu aigrelette, connue sous le nom de piquette.

Les pépins de raisin donnent une huile limpide, jaune-verdâtre, très grise, qui donne, en brûlant, une lumière très belle, exempte de fumée et n'ayant point d'odeur désagréable. Comme aliment, elle est préférable à l'huile de chénevis. Suivant Julia de Fontenelle, 100 kil. de pépins donnent 15 kil. d'huile, et suivant M. Garenn de la Nièvre, 10 kil. seulement. Les tourteaux peuvent servir au chauffage.

VIN BLANC. La fabrication du vin blanc diffère, sous plusieurs rapports, de celle du vin rouge. Dans les vins rouges on recherche de la force et de la couleur, tandis que dans les autres on désire une blancheur ou limpidité absolue, et la douceur, qui fait le mérite des vins de certains vignobles.

Pour fabriquer le vin blanc, on récolte le raisin, comme nous l'avons dit précédemment, on l'apporte ensuite sur la maie du pressoir : deux hommes, dont les pieds sont chaussés de gros sabots, écrasent le raisin dont le jus coule dans une cuve placée sous le goulot, auquel est suspendu un panier à vendange destiné à recevoir les pellicules, les rafles et les pépins que le jus entraîne. Le foulage avec la machine indiquée (fig. 2551 et 2552) serait plus expéditif et bien préférable. A mesure que la cuve se remplit, on enlève le moût, qu'on verse dans des tonneaux en ayant soin de laisser de la place pour recevoir le vin de pressurage. Le marc est ensuite pressé, comme pour le vin rouge ; on fait trois pressées au lieu de quatre. Quelques vignerons mettent fermenter séparément le vin de pressurage, mais le plus grand nombre le distribuent dans les tonneaux avec le moût vierge. La fermentation a lieu dans les tonneaux, comme celle de la bière, et on laisse le vin sur la lie jusqu'au premier soutirage qui a lieu au commencement du printemps ou dans les premiers jours de mars. Telle est la méthode suivie pour faire les vins secs de Bourgogne.

Dans quelques localités on suit une méthode un peu différente. En sortant du pressoir le moût est reçu dans des cuves séparées où on le laisse reposer. Il se forme alors à sa surface une écume blanche qu'on enlève et qu'on fait égoutter pour retenir le moût qu'elle entraîne. Dès que la fermentation commence on enlève les dernières traces d'écume et on le soutire dans des barriques où il doit fermenter. On a soin de ne pas mettre dans les barriques la portion trouble du moût qui s'est déposée au fond des cuves.

VINS DE LIQUEUR. Ces vins sont ceux qui conservent beaucoup de matière sucrée, même après la fermentation alcoolique. Ils se préparent de différentes manières.

Le plus souvent on emploie le moût extrait des raisins parfaitement mûrs ; quelquefois on ajoute au moût naturel une certaine quantité de sirop préparé avec du moût que l'on a évaporé ; d'autres fois, pour augmenter la force du vin, on ajoute de l'alcool après la première fermentation. Enfin dans quelques vignobles on rend les vins plus liquoreux en laissant dessécher le raisin sur le cep. C'est ainsi que se prépare le vin de Tokai.

On laisse le raisin exposé sur le cep à l'alternative du soleil et de la fraîcheur des nuits qui amollit le raisin tandis que la chaleur du jour les dessèche. Lorsque le raisin est d'une belle couleur brune, on le récolte, on sépare avec un soin minutieux les grains verts ou pourris, puis on en extrait le moût qui donne la première qualité de vin ou l'*essence*. Le marc qui a donné ce premier liquide humecté de moût ordinaire, puis exprimé, donne une seconde qualité de vin.

VINS MOUSSEUX. Autrefois on croyait que la propriété de mousser était une qualité particulière aux vins de Champagne; les uns croyaient qu'il devait cette qualité aux drogues qu'on y introduisait, d'autres attribuaient cette mousse à la verdeur des vins. En 1723, un membre de l'Académie des sciences de Paris écrivait les lignes suivantes : L'art d'avoir du vin mousseux consiste à le mettre en bouteilles vers la fin de mars, lorsque la sève commence à monter dans la vigne : on réussit aussi quelquefois à lui faire prendre cette propriété en le tirant durant la sève d'août. *Ceci prouve que la mousse n'est qu'un effet du travail de l'air et de la sève qui agissent alors fortement dans le bois de la vigne et dans la liqueur qui en est provenue.* Tout le monde sait aujourd'hui que la mousse est produite par un dégagement considérable et subit d'acide carbonique, qui se trouve dissous et comprimé dans le vin, et que pour obtenir un vin mousseux, il suffit de renfermer le liquide dans des bouteilles avant que la fermentation soit terminée. On a en effet essayé, avec succès, dans plusieurs de nos départements, d'y préparer des vins mousseux selon la méthode employée en Champagne. Ces vins rivalisent avec ceux de la Champagne, mais on les trouve moins doux et plus capiteux. Les vignobles de Champagne paraissent seuls en possession de certaines qualités de raisin qui par leur mélange donnent les excellents vins d'Aï, d'Épernay, etc., etc.

Les vins mousseux sont généralement blancs. Le vin rouge ne peut être naturellement mousseux, car pour le colorer on est forcé de le laisser sur le marc et l'acide carbonique se dégage. Le vin de Champagne étant le plus renommé des vins mousseux, nous étudierons sa fabrication avec quelques détails.

Pour la fabrication du vin de Champagne, on emploie l'espèce de raisin noir qui produit le vin le plus généreux et le plus délicat; on vendange de très grand matin par la rosée, en choisissant les raisins les plus mûrs et les plus sains, et en rejetant avec soin les raisins gâtés, verts ou pourris. La vendange est apportée avec beaucoup de soins sous le pressoir qui doit avoir été préalablement lavé et nettoyé. Quand elle a été rassemblée sous le pressoir on serre et on laisse couler le jus pendant 15 ou 20 minutes. On prévient ainsi la dissolution de la matière colorante.

Le marc qui sort du pressoir est pressé une deuxième fois; le vin que l'on obtient est coloré d'une légère teinte rouge; c'est le *vin rosé*. Comme ce vin est très recherché on en fabrique d'artificiel en colorant des vins blancs avec des matières colorantes végétales.

Le moût obtenu par la première pression est généralement incolore; on le reçoit dans des cuves où il reste de 24 à 30 heures pour déposer les matières étrangères et le ferment dont il est chargé. Quand il a déposé on le reçoit dans des tonneaux qui doivent être bien propres et n'avoir jamais servi qu'à la fabrication du vin blanc. Ces tonneaux sont entièrement remplis, afin que le vin en fermentant rejette au dehors une partie des matières étrangères qu'il contenait encore. Pendant toute la durée de la fermentation tumultueuse il faut ouiller le tonneau, c'est-à-dire le remplir trois ou quatre fois. Lorsqu'on met en tonneau, il convient d'ajouter 1 *litre d'eau-de-vie de Cognac* pour 100 litres de moût. Cette eau de-vie augmente la spirituosité du vin, donne du bouquet et modère la fermentation. Dès que la fermentation tumultueuse a cessé, on remplit le tonneau, et on bondonne comme d'habitude.

Dans le courant de décembre, par un temps sec, on soutire le vin et on le met dans des futailles où on le colle à la colle de poisson (15 gram. pour 200 litres). On le laisse reposer un mois, après quoi on le soutire de nouveau en prenant les mêmes précautions.

A la fin de février on fait un second collage et on laisse reposer jusqu'à la fin d'avril, époque à laquelle on le soutire dans des bouteilles, en ayant soin d'ajouter dans chacune d'elles une quantité de liqueur équivalente aux 3/100e du volume du vin. La liqueur est un sirop que l'on prépare en faisant dissoudre du sucre candi dans son poids de vin blanc limpide.

La mise en bouteilles et la conservation des vins mousseux exigent une foule de soins et de précautions.

Le choix des bouteilles est une chose très importante : elles doivent être très fortes, d'une transparence parfaite, d'une épaisseur égale; elles doivent avoir le goulot très étroit et de forme conique, afin que le bouchon puisse en être facilement et vivement expulsé par la force expansive du gaz acide carbonique à l'instant où l'on brise les liens qui le retiennent.

Les bouchons doivent être fins et de première qualité, il faut rejeter les bouchons poreux et défectueux, ainsi que ceux qui ont déjà servi.

On remplit ordinairement les bouteilles jusqu'à *deux travers de doigt* au-dessous du bouchon : on enfonce avec force le bouchon dans le goulot de la bouteille, au moyen d'un petit maillet de bois, et on l'assujettit solidement au moyen d'un fil de fer recuit.

Cette opération terminée, on met les bouteilles en tas dans une cave bien fraîche, en ayant soin de placer des lattes entre les rangs de bouteilles pour les séparer et les soutenir. Ces tas doivent être isolés, solides, peu élevés et montés d'aplomb.

La fermentation n'est pas achevée à l'époque de la mise en bouteille, elle continue dans l'intérieur du vase. Il se dégage de la liqueur une quantité considérable de gaz qui, ne pouvant s'échapper, reste dans la bouteille et est forcée de se dissoudre plus ou moins complétement dans le vin. Six semaines ou deux mois après la mise en bouteilles, la mousse commence à s'y manifester avec violence, tellement, qu'un nombre considérable de bouteilles sont brisées avec explosion par l'effet du dégagement de l'acide carbonique. Autrefois la casse des bouteilles allait de 6, 8, 10 à 30 et même 40 p. 100. Aujourd'hui elle est réduite à 10 ou 15 p. 100 au plus.

Les tas de bouteilles sont placés à proximité d'une petite citerne où se rend le vin qui s'écoule des bouteilles cassées. On le recueille tous les jours et après l'avoir bien collé on le remet en bouteilles. Dans les petites exploitations, on entasse les bouteilles dans une cuve défoncée, on peut ainsi facilement recueillir le vin qui s'écoule des bouteilles cassées.

Le vin séjourne dans les bouteilles pendant huit ou dix mois, il s'y forme alors un dépôt qui trouble le liquide et qu'il faut enlever : c'est ce que l'on appelle *dégorger le vin*. Pour cela on prend chaque bouteille, et la tenant par la main droite, le bouchon en bas, on lui imprime un mouvement de *tournoiement* qui détache le dépôt qui s'était fixé aux flancs de la bouteille, pour le faire tomber sur le bouchon. Ce mouvement de rotation doit être exécuté avec beaucoup d'intelligence et d'adresse, en ayant la plus grande attention possible de ne pas troubler le vin. Quand tout le dépôt est sur le bouchon, on coupe le fil de fer qui le retient; le dépôt et une petite quantité de vin sont projetés hors de la bouteille et vont tomber dans un cuvier disposé à cet effet. On remplit ensuite la bouteille avec du vin clair; on la bouche avec un nouveau bouchon, que l'on maintient avec une nouvelle ligature en fil de fer. Il y a des

vins qui exigent un deuxième et même un troisième dégorgement.

D'après ce que nous venons de dire, on voit que le vin de Champagne, quand il a été mis en bouteilles, contenait encore du ferment, on a ajouté du sucre qui en fermentant a donné de l'acide carbonique dont la production a fait déposer du ferment et rend l'opération du dégorgeage nécessaire.

Si la température est trop basse, la fermentation ne s'établit pas; on sort les bouteilles et on les expose à l'air en les rangeant sur des pupitres; elles s'échauffent peu à peu, et si la fermentation marche trop vivement, la température ayant été trop élevée, on en est averti par les explosions répétées des bouteilles.

Dans toutes les localités où le vin est de bonne qualité, on fait des vins mousseux en opérant comme nous venons de le dire. On en prépare dans l'arrondissement d'Argentière, à Limoux, à Saint-Ambroise, dans la Côte-d'Or, à Arbois, dans l'arrondissement de Belfort, etc., etc. Ces vins sont consommés dans le pays et sont moins répandus que ceux de la Champagne. Ceux de la Côte-d'Or et celui d'Arbois commencent cependant à faire concurrence aux vins de Champagne, et à Paris on boit beaucoup de vin de Champagne fait à Arbois. Nous ajouterons que dans ce même Paris il existe des *industriels* qui préparent des vins de Champagne dans lesquels il n'entre pas la moindre parcelle de jus de raisin.

On a aussi essayé de faire des vins mousseux en comprimant de l'acide carbonique dans du vin blanc. Il y a quelques années qu'il s'était établi aux environs de Paris une fabrique de vin mousseux à l'instar de celles des eaux gazeuses. Mais cet établissement n'a pas continué, car l'acide carbonique préparé chimiquement donne une saveur désagréable au vin; en outre on a remarqué qu'en opérant ainsi le vin devient laiteux et ne s'éclaircit jamais d'une manière convenable. M. François, pharmacien distingué de Nantes, a prouvé que ce phénomène était dû à la glaïadine dissoute dans le vin. En ajoutant du tannin au vin, on précipite toute la matière azotée qu'il contient.

CONSERVATION DES VINS. Les vins forts, acerbes, qui contiennent beaucoup de tannin, se conservent facilement; ils résistent bien aux longs transports et en sont même améliorés : les secousses et les changements de température mettent le ferment en mouvement et font que la fermentation s'achève.

Les vins faibles doivent être consommés dans les douze ou quinze mois qui suivent leur fabrication, l'excès d'acide qu'ils renferment les conserve. Les vins intermédiaires sont plus difficiles à garder : ce sont les vins fins.

Les vins blancs sont gardés en tonneaux bien pleins et bien fermés, pour éviter le contact de l'air; autrement ils se coloreraient en jaune. Les vins blancs doivent avoir une saveur sucrée; il faut donc que la fermentation ne soit pas tout à fait achevée. On atteint ce but en les gardant dans une cave fraîche, ou bien en les mettant dans des tonneaux soufrés.

Tout ce qui tient à l'art de conserver les vins se réduit au *soufrage* et à la *clarification*.

Soufrage des vins. Le soufrage du vin a pour but de l'imprégner d'une vapeur sulfureuse obtenue par la combustion d'une *mèche soufrée*. Ces mèches soufrées se fabriquent en fondant du soufre et en y plongeant des bandes de toile ou de coton. Dans quelques pays on ajoute des aromates au soufre fondu.

Pour soufrer un tonneau on suspend une mèche soufrée au bout d'un fil de fer, on l'enflamme et on la plonge dans le tonneau, on bouche et on laisse brûler. L'air se dilate d'abord et s'échappe avec sifflement. Lorsque la combustion est terminée, le tonneau est plein de gaz sulfureux; néanmoins les parois du vase sont à peine acides.

Liebig explique de la manière suivante le but du soufrage des vins. L'air du tonneau que l'on vient de soufrer perd son oxygène qui est remplacé par un égal volume d'acide sulfureux, et celui-ci est rapidement absorbé par la surface humide du tonneau. Or, l'acide sulfureux possède pour l'oxygène de l'air encore plus d'affinité que les agents acidifiants contenus dans le vin. En conséquence l'acide sulfureux qui a été absorbé par la paroi interne du tonneau se distribue peu à peu dans le vin, et enlève aux agents fermentatifs ainsi qu'au vin lui-même tout l'oxygène qu'ils avaient pris à l'air. On trouve dans le vin l'acide sulfureux changé en acide sulfurique (*Lettres sur la Chimie*, page 197).

MALADIES DES VINS. Les vins, souvent en fermentation, renfermant des substances facilement décomposables, sont sujets à éprouver des altérations de divers genres. Les recherches les plus récentes sur ce sujet sont dues à M. Pasteur, qui, dit M. Dumas, est parvenu à rendre incontestables les cinq propositions suivantes :

1° Les altérations dangereuses des vins tiennent à des causes qui se confondent avec celles auxquelles on attribue les fermentations;

2° Il suffit de chauffer les vins ordinaires à 50 degrés pour faire périr les végétaux microscopiques ou ferments qui les produisent; les fermentations et toutes les altérations dangereuses des vins, dues à des causes, sont arrêtées ou prévenues;

3° L'application de la chaleur, dans ces limites, ne modifie ni la couleur, ni le goût des vins; elle en assure la limpidité;

4° Les vins qui ont été soumis à l'action de cette température paraissent capables de se conserver indéfiniment, sans altération, en vases clos;

5° Exposés à l'air, ces vins peuvent, il est vrai, y reprendre la propriété de s'altérer après quelque temps; mais c'est parce que l'air leur apporte de nouveaux germes vivants de ces ferments qu'ils avaient perdus par l'action de la chaleur.

M. Pasteur est arrivé à formuler ces propositions après avoir cherché à déterminer les causes des diverses maladies des vins.

1° *Vins acides, piqués* ou *aigres*. Cette maladie est due à la présence du *mycoderma aceti*, qu'il ne faut pas confoudre avec le *mycoderma vini*, lequel n'altère pas les vins, tandis que son congénère y développe du vinaigre avec le concours de l'air, et les tourne plus ou moins vite à l'acescence, qu'on a trop souvent combattue par la litharge, qui corrige bien le goût, mais transforme le vin en un véritable poison. La surface des vins piqués se couvre de matières blanches dites fleurs de vin, que Chaptal avait déjà reconnues être une végétation.

2° *Vins tournés, montés, poussés*. Ils doivent leur altération à des filaments d'une extrême ténuité, qui se rapprochent ou même parfois se confondent avec les filaments du ferment lactique.

3° *Vins gras, huileux, filants*. Ils doivent encore leur altération à des filaments, mais ceux-ci sont formés de chapelets de grains et non de chapelets d'articles. C'est par l'infusion de tan, qui précipite une matière azotée, qu'on était le mieux arrivé jusqu'ici à arrêter la graisse des vins.

4° *Vins amers, vins qui ont pris le goût de vieux*. Les vins passés à l'amer ne contiennent plus de matière sucrée; on y a trouvé aussi un ferment. Il ressemble même, sous beaucoup de rapports, à celui qu'on observe dans les vins tournés, mais ses filaments sont plus fins et ses articulations moins sensibles. On sait

que les vins sujets à tourner ne sont pas les mêmes que ceux qui passent à l'amer.

Tous ces végétaux parasitaires et leurs analogues, qui n'avaient pas encore été reconnus ou distingués scientifiquement, périssent à la température de 65 ou même de 50 degrés. En élevant le vin qu'on veut conserver à une température comprise entre 50 et 65 degrés, on a donc la certitude que toute altération ultérieure de la liqueur, due à l'action et à la présence des végétaux vivants, devient impossible, tant qu'on n'y a pas semé de nouveaux germes, soit par l'intervention des poussières de l'air, soit par le mélange du vin ainsi préparé, avec des liquides qui n'auraient pas été convenablement chauffés eux-mêmes.

Une commission nommée par la chambre syndicale du commerce des vins de Paris a examiné avec la plus scrupuleuse attention les résultats obtenus par ce savant, et les a sanctionnés de son entière et concluante approbation.

M. Marès, correspondant de l'Académie des sciences, a appliqué, de son côté, le procédé de M. Pasteur pour ces vins de l'Hérault altérables, qu'on ne peut garder qu'au moyen d'additions successives d'alcool; il a été constaté qu'ils se conservent très-bien dès qu'ils ont été chauffés à 60 degrés. Le vinage pourrait ainsi devenir une opération inutile.

Tous les vins peuvent, à son aide, être convertis en vins de garde; ils deviennent propres à voyager sans altérations, et par suite peuvent s'exporter, condition d'une importance capitale pour une grande partie des vins qui se récoltent en France.

Nous rappellerons que par un procédé en quelque sorte inverse M. Vergnette-Lamotte, en soumettant le vin de 0° à — 3° avait vu le vin s'éclaircir et se précipiter une lie abondante renfermant des principes azotés sûrement très-nuisibles à la conservation du vin.

Revenant aux maladies des vins, pour donner les usages de la pratique, nous ferons remarquer que les vins rouges sont seuls sujets à passer à l'amer. Quelquefois les vins amers, ceux en bouteilles surtout, se guérissent seuls. On arrête cette maladie, dans la pratique la plus habituelle, en mélangeant ces vins avec un volume égal de vin du même cru, mais contenant plus de sucre.

On reconnaît qu'un vin tourne à l'*aigre* quand on lui trouve du feu. Cette maladie n'attaque que les petits vins qui contiennent peu d'alcool. C'est par le haut du tonneau que le vin commence à s'aigrir. On emploie divers moyens pour corriger cette maladie, mais si le vin n'est pas d'un prix élevé le mieux est de le vendre au vinaigrier. Le tartrate neutre de potasse ajouté au vin aigre produit de bons effets. On peut aussi corriger cette mauvaise qualité avec du lait employé à haute dose.

Cette maladie des vins a donné l'idée de l'emploi très-dangereux de la litharge pour les adoucir; en ajoutant de la litharge au vin, il se forme de l'acétate de plomb dont les propriétés sont on ne peut plus nuisibles. C'est en 1698, qu'un moine, nommé Martin le Bavarois, reconnut cette propriété à la litharge. Dans ces derniers temps l'emploi de la litharge était encore assez répandu et aujourd'hui, malgré les règlements de la police et la surveillance éclairée du conseil de salubrité, on assure qu'il existe à Paris des marchands de vins en gros qui vendent des vins qui contiennent de la litharge. Les personnes qui boivent de ces vins falsifiés éprouvent les accidents les plus terribles de la colique de plomb.

Le *goût de fût* provient d'une huile essentielle qui se produit par suite du développement d'une moisissure sur les parois des tonneaux. Le goût de fût est très-difficile à détruire; on le diminue cependant en fouettant dans le vin de l'huile d'olive qui entraîne l'huile essentielle. Cette maladie peut aussi provenir de ce que le vin a été enfermé dans un tonneau dont le bois était vicié, vermoulu, pourri, etc., etc. En tout cas, dès que ce goût se manifeste, il faut changer le vin de tonneau.

Clarification des vins. La clarification du vin s'opère d'elle-même par le temps et le repos. Il se forme peu à peu un dépôt dans le fond et sur les parois des tonneaux, qui enlève une partie des matières en suspension. Ce dépôt constitue la *lie*, mélange de tartre, de matière colorante, etc., etc. Mais ces matières, quoique déposées dans le tonneau et précipitées du vin, sont susceptibles de s'y mêler encore par l'agitation, le changement de température; et alors, outre qu'elles nuisent à la qualité du vin qu'elles rendent trouble, elles peuvent lui imprimer un mouvement de fermentation qui le dispose à tourner au vinaigre.

C'est pour obvier à ces inconvénients qu'on transvase le vin, à diverses époques, en séparant avec soin toute la lie qui s'est déposée: c'est ce que l'on appelle soutirer ou transvaser le vin.

Le soutirage et le repos ne suffisent pas pour enlever toutes les matières en suspension dans le vin: il en reste toujours dont on ne peut s'emparer que par l'opération suivante qu'on appelle le *collage des vins*. On emploie ordinairement, pour coller les vins, la colle de poisson, les blancs d'œufs liquides ou desséchés, la gélatine ou colle forte.

Lorsqu'on emploie la colle de poisson (la dose varie de 8 à 16 grammes par hectolitre), on la déroule avec soin, on la coupe par petits morceaux, on la fait tremper dans un peu de vin; elle se ramollit et forme un liquide épais et gluant que l'on verse dans le tonneau. On agite fortement le vin au moyen d'un bâton fendu en quatre que l'on introduit par la bonde et que l'on fait mouvoir rapidement. On laisse reposer 10 ou 15 jours. La colle se précipite lentement à travers le liquide et entraîne avec elle les impuretés qui troublent la liqueur, en formant comme un réseau qui les enveloppe. Quand on emploie les blancs d'œufs, on les fouette avec un petit balai, et lorsqu'ils sont en mousse, on les verse dans le tonneau.

A. CURTEL.

VIOLON. La belle qualité des sons du violon, l'étendue de son diapason, la grande variété des traits qu'il peut rendre, l'expression que l'artiste peut donner à son exécution, l'ont fait appeler *le roi des instruments*. Le *violoncelle* n'est qu'un violon d'un patron beaucoup plus grand, qui est destiné à rendre des sons plus graves; c'est l'accompagnateur obligé de toute musique d'orchestre: le violoncelle est aussi appelé *basse*, du nom de la partie musicale qu'il exécute le plus ordinairement. La *quinte*, qu'on nomme aussi *alto*, *alto-viola*, a son patron intermédiaire entre ceux du violon et de la basse, et rend des sons tantôt graves, tantôt aigus, dans les limites de son diapason.

Ces instruments sont montés de quatre cordes, qu'on tend de manière à leur faire rendre *à vide* des sons à la quinte, *sol, ré, la, mi,* pour le violon, *ut, sol, ré, la* pour les deux autres. Le *sol* du violon est une *corde filée*, c'est à-dire recouverte d'un fil de laiton très-fin qui en accroît la masse, et le rend propre aux sons graves; *l'ut* et *le sol* de la quinte et du violoncelle sont des cordes filées. La plus fine des cordes de ces trois instruments est appelée *chanterelle*. Les *la* à vide de l'alto et du violon sont à l'unisson; celui de la basse est à l'octave au-dessous, sa longueur est double des *la* du violon, sous une tension peu différente et une masse un peu plus considérable. Ainsi, les quatre cordes à vide de l'alto sont à l'octave aigue de celle de la basse, et à la quinte de celles du violon.

La *contrebasse* n'est montée que de trois cordes à l'octave au-dessous de *sol, ré, la* du violoncelle; son

patron est beaucoup plus grand et ses cordes très-massives.

Comme ces instruments sont construits d'après les mêmes principes, et ne diffèrent que par leurs grandeurs, nous ne parlerons ici que du violon, la fabrication des autres étant absolument la même.

La force de traction des cordes de violon dépend de leurs grosseurs et des tons qu'elles rendent (Voy. CORDES). On estimait autrefois que, pour tendre une chanterelle à son ton, il fallait la tirer par une force équivalente à un poids de 19 livres, la deuxième par un poids de 17, la troisième par un poids de 15, la quatrième par un de 13; en tout 64 livres. Mais le diapason s'étant un peu élevé, et la grosseur des cordes s'étant accrue, on trouve que ce poids n'est pas maintenant moindre de 40 kilogrammes; plus anciennement il n'était que de 23 1/2. Au reste, ce n'est pas ce poids que la table supporte, car le chevalet n'interrompant qu'à peine la direction rectiligne des cordes, la composante perpendiculaire à la table n'est pas très-considérable.

Le violon est composé d'un corps ou *caisse*, et d'un *manche*. La caisse est formée de deux *tables* ovales, parallèles, égales, un peu bombées, et à bords chantournés en croissant vers le milieu, pour livrer passage à l'archet quand il attaque l'une des deux cordes latérales. Ces tables sont maintenues à distance l'une de l'autre par des bandes ou *éclisses* en hêtre; elles enceignent toute la caisse et en contournent toutes les sinuosités.

La table d'harmonie est celle de dessus; on la fait en sapin très-sec, d'un grain extrêmement fin et sans résine; cette table est amincie en certains endroits, et renfoncée d'un épaulement intérieur, pour servir d'appui au talon du manche. On pratique à cette table deux *ouïes*, ouvertures en S, pour faciliter les mouvements de l'air.

Au dedans du violon est *la barre*, petite lame de bois collée dans la longueur de la table d'harmonie, pour intercepter les vibrations longitudinales, et renforcer l'instrument; et en outre *l'âme*, qui est un petit bâton debout, destiné à résister à la pression des cordes, et qu'on établit, sans colle, presque sous le chevalet et la chanterelle.

La table de dessous est ordinairement en hêtre; on la fait de deux pièces collées selon la longueur et dans le sens des fibres du bois.

Dans les violons faits avec soin, les élévations et courbures des tables s'obtiennent en travaillant le bois avec différentes sortes de rabots et de racloirs : mais dans ceux qu'on livre à bas prix, on se contente de soumettre les tables à la pression sur des moules chauffés. Les éclisses sont courbées à chaud en s'aidant de l'humidité.

Le manche est en bois; on en colle le talon au bout de la caisse sur le renforcement ou épaulement de la table: il est terminé en volute, et creusé d'un large sillon ou mortaise; c'est le *sommier*. Quatre chevilles, deux à droite, deux à gauche, traversent ce sillon: leurs têtes sont rondes et plates, pour être facilement saisies par les doigts, et tournées, en surmontant le frottement qui les retient; elles sont destinées à tendre les cordes qui passent dans la mortaise du manche.

Une pièce plate et oblongue, appelée *queue*, est attachée par un bout de grosse corde à boyau, à un bouton dont la queue est entrée dans l'éclisse et son renforcement, à un bout de la caisse. Cette queue fournit les points d'attache d'un bout des quatre cordes, qui par l'autre bout vont s'enrouler sur les chevilles, et recevoir le degré de tension voulu. Une lame de bois, appelée *chevalet*, est placée debout sur la table d'harmonie, pour en éloigner les cordes. Tout en haut du manche, et au bord de la mortaise, est un petit filet d'ivoire proéminent, nommé *sillet*, qui supporte aussi la pression des cordes, et est retenu en outre par de la colle, en sorte que les quatre cordes sont également longues entre le chevalet et le sillet.

Une longue lame de bois d'ébène, appelée *touche*, est collée sur le manche, et le dépasse en s'avançant jusqu'à une petite distance du chevalet, et se tenant sous les cordes, qui sont disposées parallèlement entre elles et à la touche. Le violon se joue en tenant le manche dans la paume de la main gauche, passant sous le menton la partie de la caisse où se trouve la queue et son bouton: on attaque les cordes avec un archet qu'on tient entre les doigts de la main droite; tandis que les extrémités de ceux de la main gauche, venant presser les cordes sur la touche en différents points, les accourcissent au degré qui convient pour rendre les sons déterminés, dans l'échelle diatonique, par la musique qu'on veut exécuter. L'archet, formé de crins enduits de colophane, met les cordes en vibration.

Le bois du violon est enduit à l'extérieur d'un vernis à l'esprit de vin, dont on y applique différentes couches avant d'en réunir les pièces. Les tables, les éclisses et le manche sont maintenus ensemble par des tasseaux et de bonne colle forte. On serre les parties avec des *happes* ou petites presses mobiles, à vis en bois, jusqu'à ce que la colle soit bien sèche.

Nous ne dirons rien des divers marquetages dont on enrichit la queue, les chevilles et l'archet, soit en or, soit en argent, ou en nacre de perles; ni des filets qu'on incruste en contournant les bords des tables, et y creusant des sillons avec le trusquin. On conserve l'instrument à l'abri des injures de l'air, dans une boîte garnie de flanelle, où l'on ménage une place pour les archets, et des cases pour recevoir la colophane, les sourdines, les cordes de rechange, etc.

Il résulte des expériences de Chladni que les tables entrent en vibration, quand on fait vibrer les cordes, ou l'air, ou même quand on attaque ces tables avec un archet: des poussières, répandues à leur surface, se meuvent, et, en se déplaçant, se rangent en courbes sur les parties restées immobiles: ces figures curvilignes servent à reconnaître la nature des vibrations. Savart a tiré parti de ces observations, et a examiné dans quelles conditions les sons des violons sont les plus purs et les plus agréables. Il a remarqué que:

1° Les inégalités d'épaisseur des plaques de bois nuisent à la régularité des figures que produit le sable répandu sur les surfaces vibrantes, tandis qu'une grande égalité d'épaisseur conduit à une conséquence inverse;

2° Deux plaques égales de formes et d'épaisseurs produisent les mêmes courbes;

3° La transmission des vibrations par l'âme est très-puissante; ce qui conduit à déterminer les meilleures positions de l'âme et de la barre;

4° Toutes les parties d'un violon qu'on joue entrent en vibration chacune à sa manière.

VIS (*angl.* screw, *all.* schraube). Nous entrerons dans quelques détails sur la vis considérée comme organe mécanique en entrant dans quelques considérations utiles pour les applications.

L'hélice du filet d'une vis fait toujours un angle constant avec les génératrices du cylindre qui en forme le noyau; la distance constante entre deux spires de l'hélice, mesurée sur une génératrice du cylindre, est le *pas* de la vis. Ordinairement la tête de la vis est armée d'une roue, ou au moins d'une barre perpendiculaire à son axe. Si l'on désigne par R le rayon de cette roue, ou la longueur de cette barre comptée à partir du centre, le chemin parcouru en un tour complet par l'extrémité d'un rayon sera $2\pi R$; h étant le pas de la vis, cette quantité sera aussi celle dont la vis ou son écrou auront marché dans le même temps perpendiculairement à l'axe. Les chemins parcourus pendant une fraction de tour quelconque seront évidemment dans le même rapport que ceux qui sont parcourus pendant la durée d'un

tour complet de la vis; en nommant V la vitesse à la circonférence de la roue ou à l'extrémité de la barre, et v la vitesse de la vis ou de son écrou dans le sens de l'axe, on aura donc:

$$V : v = 2\pi R : h, \text{ ou } v = V\frac{h}{2\pi R},$$

c'est-à-dire *la vitesse de l'extrémité de la barre, dans un plan perpendiculaire à l'axe, est à la vitesse de la vis ou de son écrou parallèlement à cet axe, comme la circonférence décrite par l'extrémité de cette barre est au pas de la vis.* α étant l'inclinaison de l'hélice sur une perpendiculaire aux génératrices, r étant le rayon du cylindre passant par un point de cette hélice, on a pour un point quelconque $\frac{h}{2\pi r} = \text{tang. } \alpha$, pour rapport de vitesse entre les mouvements rectiligne et circulaire, c'est-à-dire la même relation que sur le plan incliné, l'hélice n'étant que la disposition autour d'un cylindre circulaire de ses éléments successifs, ce qui permet d'en utiliser les propriétés à l'aide d'un mouvement circulaire.

On voit, d'après le rapport ci-dessus, que l'on peut facilement construire la vis de manière à rendre la vitesse du mouvement rectiligne très-petite relativement à la vitesse du mouvement circulaire, ce qui la rend convenable pour développer de très-grands efforts, et la fait surtout employer dans les appareils qui doivent produire de grandes pressions, mais en occasionnant des pertes de travail considérables par les frottements.

Pour considérer la vis dans la réalité de son exécution il faut ne pas se borner à considérer une seule ligne de l'hélice, la courbe engendrée par une ligne droite tracée dans le plan tangent au cylindre, lorsqu'on enroule ce plan autour du cylindre, mais les surfaces héliçoïdales qui constituent la vis.

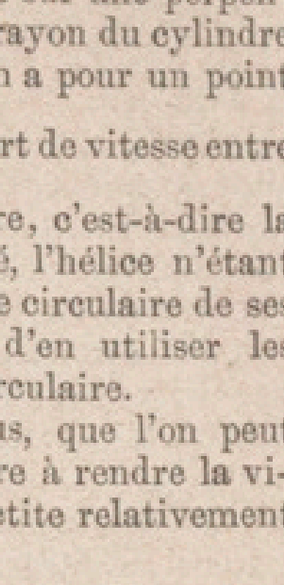


Fig. 1.

Ainsi supposons (fig. 1) que, sur un cylindre de révolution, on ait tracé une hélice ABCD; supposons ensuite qu'un polygone EFGH, dont le plan passe constamment par l'axe XY, se meuve en s'appuyant sur le cylindre par son côté EH, et de telle sorte que son sommet E parcoure l'hélice: le corps solide formé par l'ensemble du cylindre et du *filet* saillant ainsi engendré sera une *vis*.

Fig. 2.

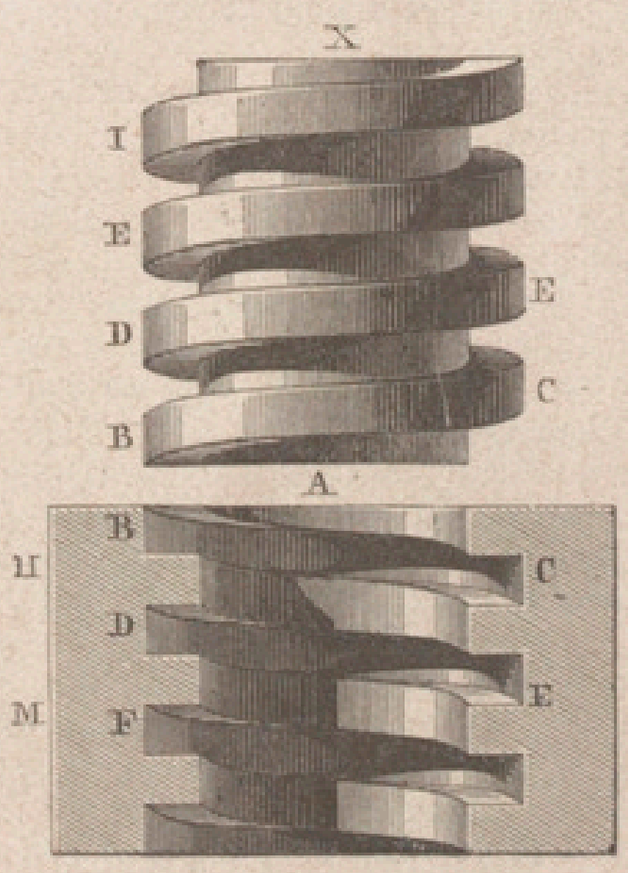


Fig. 3.

Ordinairement, le polygone générateur est un carré ou un triangle isocèle, d'où résultent la *vis à filet carré* et la *vis à filet triangulaire*.

Les figures 2 et 3 représentent les filets d'une vis du premier genre et la coupe de l'écrou correspondant, engendré de même si on fait tourner le plan générateur à l'intérieur d'un cylindre.

Frottement de la vis à filet carré. Il importe de prendre une idée exacte de la valeur des pertes de travail qui se produisent dans cet organe, pour ne pas appliquer la vis dans des cas où son emploi ne serait pas convenable, et proportionner l'inclinaison du filet de la vis aux circonstances de son emploi.

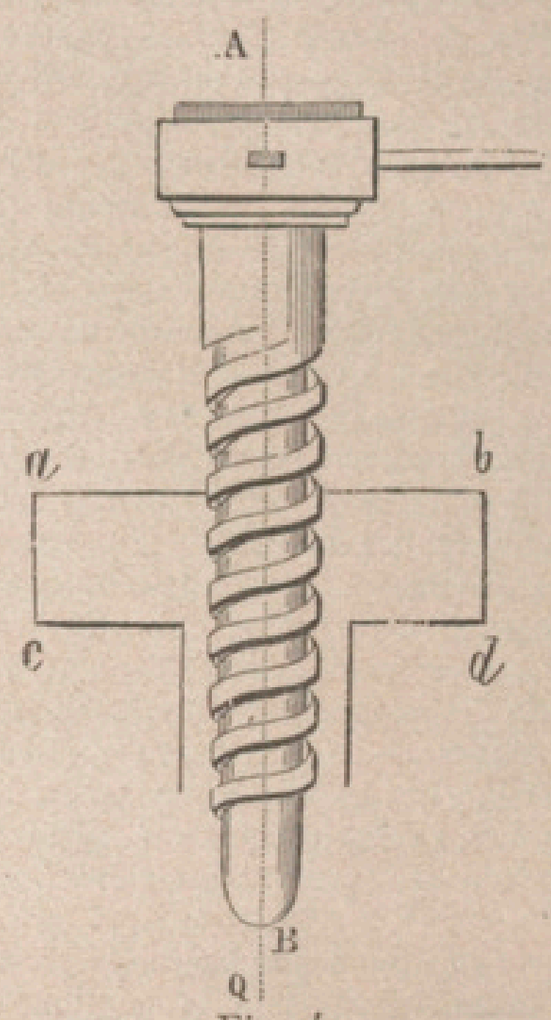


Fig. 4.

Soit AB (fig. 4) l'axe supposé vertical d'une vis à filet carré, destinée à soulever un poids Q par l'intermédiaire d'une force horizontale appliquée à l'extrémité du levier R, l'écrou *abcd* étant fixe. On peut toujours supposer que la charge Q soit distribuée uniformément sur un certain filet héliçoïde de la vis et de l'écrou, que nous nommons *filet moyen*, et s'y trouve posée comme sur un plan incliné formant avec l'horizon un angle égal à celui des plans tangents à ce filet. Pour le frottement, les choses se passent comme s'il en était ainsi; la pression s'exerçant en plusieurs points, suivant une même génératrice de la surface, causera le même frottement que la somme des pressions sur le filet moyen, le frottement étant proportionnel à la pression. Nommant donc:

r, le rayon du cylindre qui contient l'hélice ou filet moyen dont il s'agit;

p, la force horizontale tangente à ce cylindre, qui serait capable de soulever le poids Q et les frottements qui en résultent sur la surface du filet moyen;

h, la hauteur du pas de la vis ou de l'écrou;

$\pi = 3{,}1415$, le rapport de la circonférence au diamètre;

α, l'angle de l'inclinaison constante du filet moyen à l'horizon;

f, le coefficient de frottement pour les substances en contact;

On aura, d'après l'expression du frottement sur le plan incliné, pour l'égalité de force et résistance pour mouvement uniforme, à l'état d'équilibre dynamique,

$$p = Q\frac{\text{tang. } \alpha + f}{1 - f\,\text{tang. } \alpha} = Q\frac{h + 2\pi f r}{2\pi r - f h},$$ en remplaçant tang. α par sa valeur $\frac{h}{2\pi r}$.

La valeur de p croît progressivement avec tang. α jusqu'à devenir infinie quand tang. $\alpha = \frac{1}{f}$ limite de la plus grande inclinaison passé laquelle la puissance horizontale, quelque grande quelle soit, ne peut plus faire mouvoir le poids à l'aide de la vis en la faisant glisser le long des filets de l'écrou.

Il semblerait, d'après cela, qu'il devrait y avoir en général de l'avantage à diminuer l'angle d'inclinaison α des hélices; mais on arrivera à une conséquence tout opposée, si l'on remarque que le rapport de la quantité de travail utilisé, qui est $Q\ r\ \omega$ tang. α, à celle dépensée, $Q\ r\ \omega\ \frac{\text{tang. } \alpha + f}{1 - f \text{ tang. } \alpha}$, peut être mis sous la forme:

$$\frac{\text{tang. } \alpha\ (1 - f \text{ tang. } \alpha)}{\text{tang. } \alpha + f} = \frac{\text{sin. } 2\alpha - f\ (1 - \text{cos. } 2\alpha)}{\text{sin. } 2\alpha + f\ (1 + \text{cos. } 2\alpha)} = 1 - \frac{2f}{\text{sin. } 2\alpha + f\ (1 + \text{cos. } 2\alpha)},$$

rapport dont le minimum répond à tang. $2\alpha = \frac{1}{f}$, et montre qu'il n'y a pas avantage, au point de vue du travail dépensé par le frottement, à ne pas le faire le plus petit possible.

Tout ce que nous disons ici, en supposant que la vis soit employée à élever un poids, s'applique évidemment à la vis ayant à surmonter une résistance quelconque, dont la direction s'exerce dans le sens de son axe.

Pour apprécier le frottement, supposons, par exemple, $f = 0{,}12$, ce qui convient au cas où l'écrou serait en cuivre et la vis en fer, les surfaces étant onctueuses; et tang. $\alpha = \frac{1}{25}$, comme dans les pressoirs à vis, où il faut engendrer de grandes pressions, le rapport ci-dessus deviendra 0,249. Dans ce cas, le travail dépensé par la puissance pour exercer la puissance Q serait donc quadruple de celui qui répond à l'effet utile.

Si tang. α était égale à $\frac{1}{4}$, le même rapport deviendrait 0,655.

Ces résultats mettent en évidence l'énorme influence exercée par le frottement des vis et des écrous.

On conclut aussi de ce qui a été dit pour le cas du plan incliné que, si tang. α est moindre que f (voyez RÉSISTANCES PASSIVES), la vis non-seulement ne tendra pas à descendre d'elle-même ou à se desserrer par un effort qu'elle supporte suivant son axe, mais encore exigera pour être entraînée par la puissance, pour qu'un mouvement puisse se produire, un effort p agissant en sens contraire, ce qui doit faire changer son signe dans l'expression de cet effort mesuré par:

$$p = Q\ \frac{f - \text{tang. } \alpha}{1 + f \text{ tang. } \alpha} = fQ\ \frac{(1 + \text{tang}^2\ \alpha)}{1 + f \text{ tang. } \alpha} - Q \text{ tang } \alpha.$$

Ce cas est précisément celui des boulons d'assemblage qui doivent maintenir l'état de compression de certains corps, après que la puissance a exercé son action sur la vis ou l'écrou, et dont les parties filetées sont formées de filets très-peu inclinés sur l'axe.

On sait qu'il en est tout autrement des vis de balancier à découper ou à battre la monnaie, qui portent des filets doubles ou triples, afin de leur procurer une résistance suffisante, tout en donnant à leurs hélices moyennes une grande inclinaison sur l'axe, afin de donner de grandes vitesses à la descente du balancier.

Quelquefois d'ailleurs il arrive, même pour des vis où la relation tang. $\alpha < f$ est satisfaite, que les secousses ou vibrations éprouvées par les boulons d'assemblage, diminuant par moment les pressions, font desserrer les écrous, ce qui exige qu'on s'oppose à cet effet soit en plaçant deux écrous l'un sur l'autre, ou mettant obstacle au mouvement de l'écrou simple par quelque moyen facile à imaginer.

Frottement de la vis triangulaire. Le frottement a la même expression dans la vis triangulaire que dans la vis à filet carré quand on remplace f par $\frac{f}{m}$, m étant le sinus de l'angle du filet. Le travail du frottement dépend surtout du rayon moyen r; il faut donc ne donner qu'une petite valeur à ce rayon, sans cependant nuire à la solidité de la vis. m étant une fraction, on voit aussi que le travail du frottement de la vis à filet triangulaire est plus grand que celui de la vis à filet carré. Enfin, si l'angle dont m est le sinus (fig. 5) augmente ou diminue, le travail du frottement de la vis à filet triangulaire diminue ou augmente; par conséquent, à pas égal, plus il y aura de saillie, moins le travail du frottement sera grand et on l'augmentera en augmentant le pas, la saillie restant la même.

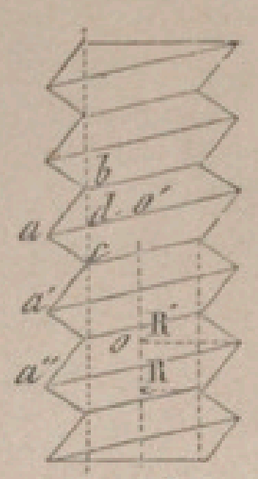


Fig. 5.

On donne ordinairement à la saillie des filets une longueur égale à leur épaisseur, et l'on fait le vide égal au plein.

Dans l'application des formules à une presse à vis à filet triangulaire menée par une roue dentée, actionnée par une vis sans fin, rapportée dans l'ouvrage de MM. Taffe-Boileau (*Application de la mécanique aux machines*), le travail utile n'est que le tiers du travail de la puissance.

TOUR A FILETER LES VIS. On a donné à l'article MACHINES-OUTILS la description d'un tour à fileter les vis très-simple, mais qui exige une paire d'engrenages pour chaque pas de vis différent. On a remédié à cet inconvénient en introduisant dans le système une seconde paire de roues intermédiaires, comme le montre la figure 6.

A a est le cylindre fixé entre les pointes du tour, prenant un mouvement de rotation, sur lequel doit être taillé le filet d'une vis.

C c est une longue vis tournant dans des coussinets fixés sur le bâti du tour et mettant en mouvement par le moyen de l'écrou n le support à chariot sur lequel est fixé l'outil f qui sert à creuser la vis.

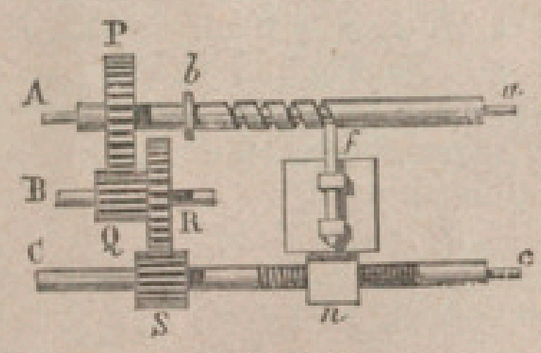


Fig. 6.

Chaque révolution de la vis C c fait avancer le support d'une longueur égale au pas de celle-ci, et par suite si A a tourne avec la même rapidité que la vis, le ciseau trace sur sa surface $b\,a$ une vis qui a exactement le même pas que C c. Mais si A a tourne avec une vitesse moindre que celle de la vis, on tracera un pas différent.

Si A a et C c sont réunis par une série de roues de rechange, comme figure 6, on peut, en prenant des roues de nombre de dents convenable, obtenir tout pas voulu pour la vis $b\,a$.

B étant un axe auxiliaire monté dans une pièce glissante, faisons-lui porter les deux roues de rechange Q, R. Les pas de vis étant communément définis par le nombre de pas au centimètre, soit n le nombre de filets au centimètre de la roue C c. Puisque, pendant que C c tourne d'un tour, il fait avancer l'outil d'un $\frac{1}{n}$ de centimètre, comme A a tourne d'un tour de C c multiplié par $\frac{PR}{QS}$, le

mouvement de l'outil dans le sens de l'axe sera $\frac{PR}{QSn}$ centimètres pour un tour de C. Le pas de vis de la A *a* sera donc $\frac{QSn}{PR}$ filets au centimètre.

On a trouvé avantage à faire supporter l'axe intermédiaire porte-roues par une pièce oscillante mobile appelée *lyre*.

Cet organe est placé à l'extrémité du banc; il est traversé librement par la vis, et peut s'incliner sur la verticale en raison des diamètres des roues intermédiaires. Il est maintenu dans une direction fixe par deux boulons pris dans le bâti et coulissant dans les deux rainures R, R (fig. 7 et 8). Les deux entailles E, E servent à attacher

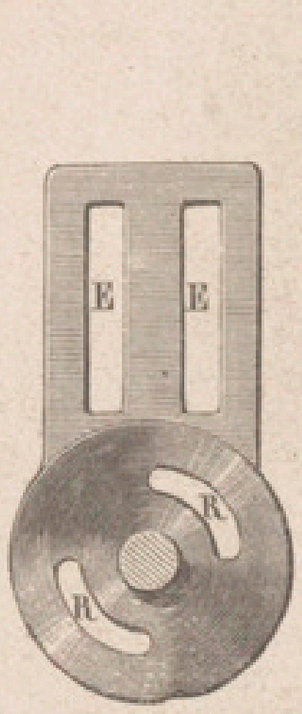


Fig. 7.

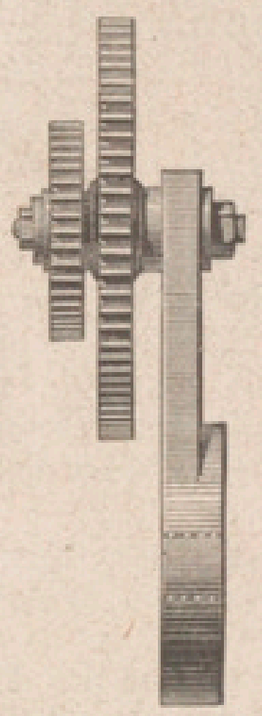


Fig. 8.

les engrenages qui transmettent le mouvement du tour à la vis commandant le chariot. Ces engrenages, étant montés sur le même axe, sont maintenus par une seule entaille, mais lorsqu'on veut obtenir un pas à gauche, avec un tour, sans changement de marche, on met dans la seconde entaille une roue-engrenage qui reçoit le mouvement d'une des roues intermédiaires pour le communiquer à la vis en sens inverse; de là la nécessité de mettre deux entailles parallèles à la lyre.

Bien que le calcul des couples d'engrenages convenables pour obtenir un pas donné soit extrêmement simple, il offre en pratique des difficultés, à cause du nombre limité de roues dont on dispose et surtout de l'extrême variété des pas de vis. On peut, en général, obtenir une combinaison exacte lorsque le pas de la vis du tour et celui de la vis à exécuter sont l'un et l'autre du même système de mesure française ou étrangère. Il n'en est pas de même quand il faut, par exemple, exécuter un pas anglais sur un tour à vis française ou réciproquement, les mesures des deux pays n'ayant pas de commun diviseur; on peut arriver à une grande approximation toujours suffisante dans un travail courant, mais jamais rigoureuse.

Pour faciliter les combinaisons d'engrenages de manière à assurer l'exécution du plus grand nombre de pas possibles, quelques constructeurs établissent une série de roues ayant 12, 13, 14, 15 dents, et cela en continuant d'unité en unité jusqu'à 30; puis à partir de 30, de 5 en 5 dents jusqu'à 100 et de 10 en 10 dents de 100 à 140; ce qui fait un total de 36 roues. Cependant il est rare qu'avec vingt roues on ne puisse satisfaire à toutes les exigences d'une fabrication ordinaire.

Le rapport entre le nombre de tours du cylindre à fileter et celui de la vis du tour est inversement proportionnel aux pas des deux objets, c'est-à-dire que pour faire un pas de 2 millimètres, par exemple, avec une vis dont le pas est de 10 millimètres, il faut faire tourner la vis cinq fois plus lentement que le tour. S'il n'y a pas d'intermédiaire, il suffira de mettre à l'extrémité de la vis une roue ayant cinq fois plus de dents que celle de l'arbre du tour. Cela revient à dire que, pour connaître le nombre des dents des roues qui doivent commander directement une vis, il suffit de multiplier les deux pas (qui expriment le rapport voulu) par un même nombre : dans l'exemple précédent, on peut indifféremment mettre $2 \times 10 = 20$ dents à la roue du tour et $10 \times 10 = 100$ à celle de la vis, ou bien $2 \times 12 = 24$ et $10 \times 12 = 120$, ou bien encore $2 \times 6 = 12$ et $10 \times 12 = 120$, et ainsi de suite. Il faut observer que, dans le cas d'un simple couple d'engrenages, il n'y a en réalité qu'une seule solution, la somme des rayons des roues étant égale à la distance invariable des axes.

Avec deux couples d'engrenages, c'est-à-dire dans le cas habituel, on arrive très-simplement à combiner le harnais du tour en supposant un pas de vis intermédiaire, et en calculant comme pour le cas d'un simple couple, méthode excellente due à M. Dubar.

Exemple: soit à exécuter un pas de vis de $2^{mm},5$ avec une vis de $0^{m},010$.

Prenons un pas *quelconque*, 4 par exemple, entre 2, 5 et 8 pour pas de l'arbre intermédiaire, et disposons nos chiffres de la manière suivante:

Roue calée sur l'arbre du tour.	2,50
Roue de l'arbre intermédiaire engrenant avec la première.	4
Roue de l'arbre intermédiaire engrenant avec la roue de la vis.	4
Roue de la vis.	10

Pour avoir le nombre des dents des quatre roues, il suffit de multiplier les deux premiers chiffres par un même nombre et les deux autres par un autre nombre également quelconque.

Ainsi en multipliant par 20 les deux premiers et par 10 les deux autres, on obtient la solution suivante:

2,50 × 20 = 50 dents (roue du tour)
4 × 20 = 80 dents (première intermédiaire)
4 × 10 = 40 dents (seconde intermédiaire)
10 × 10 = 100 dents (roue de la vis).

On aurait pu tout aussi bien multiplier les deux premiers nombres par 10 et les deux autres par 12:

2,50 × 10 = 25
4 × 10 = 40
4 × 12 = 48
10 × 12 = 120
} Seconde solution.

Enfin, au lieu de prendre 4 comme intermédiaire, on aurait pu prendre 6 ou tout autre chiffre, et l'on aurait eu:

2,50 × 10 = 25
6 × 10 = 60
6 × 12 = 72
10 × 12 = 120
} Troisième solution.

Ou bien encore:

2,50 × 10 = 25
8 × 10 = 80
8 × 5 = 40
10 × 5 = 50
} Quatrième solution.

Ce calcul permet de trouver immédiatement les roues sans le secours de tableaux ni de règles d'aucune sorte.

Dans le cas où certaines roues obtenues par un premier essai ne conviendraient pas, on n'aurait qu'à changer le chiffre intermédiaire pour trouver quatre roues de la série dont on dispose.

Quand, au lieu de deux couples de roues d'engrenage, le harnais du tour à fileter en renferme trois, la méthode ci-dessus s'y applique avec la même facilité à la détermination du nombre de dents. Il suffit de se donner deux pas intermédiaires au lieu d'un.

Dans les ateliers de construction, on n'emploie généralement que quatre roues d'engrenage, avec une série de roues suffisante et un tableau pour leur emploi.

Avec m roues, le nombre de permutations et par conséquent de pas qu'il est possible de construire, donné par la formule des combinaisons, est (sauf les répétitions), $\frac{m\,(m-1)\,(m-2)\,(m-3)}{(1\times 2)^2}$; ce qui donne plus de 30,000 pas différents pour 20 roues.

Nous empruntons encore à l'intéressant travail de M. Poulot sur le tour, qui nous a guidé dans ce qui précède, un de ces tableaux qui permet, par une simple lecture, de connaître les roues convenables pour un filtrage très-varié (P roue du tour, Q premier intermédiaire, R second, engrenant avec la roue de la vis du tour S), en n'employant au maximum qu'une série de vingt engrenages, dont le nombre des dents suit:

20	45	70	95
25	50	75	100
30	55	80	110
35	60	85	120
40	65	90	

TABLEAU DES PAS OBTENUS PAR QUATRE ROUES D'ENGRENAGES.

Vis de 0m,010.

PAS.	ROUES.				PAS.	ROUES.				PAS.	ROUES.			
	P	Q	R	S		P	Q	R	S		P	Q	R	S
millim.					millim.					millim.				
1,00	20	100	25	50	3,60	45	100	60	75	9,00	90	60	30	50
1,10	35	85	20	75	3,70	35	100	95	90	9,50	95	60	30	50
1,20	120	100	50	40	3,75	20	50	75	80	10,00	100	60	30	50
1,25	50	80	20	100	3,80	30	100	95	75	11,00	110	60	30	50
1,30	20	70	50	110	3,90	45	100	65	75	12,00	120	60	30	50
1,40	30	100	35	75	4,00	45	100	50	40	13,00	65	40	80	100
1,50	30	40	20	100	4,10	65	95	30	50	14,00	70	40	80	100
1,60	40	50	20	100	4,20	45	100	70	75	15,00	75	40	80	100
1,70	20	85	65	90	4,25	45	100	85	90	16,00	40	20	80	100
1,75	35	40	20	100	4,30	45	85	65	80	17,00	85	40	80	100
1,80	45	50	20	100	4,40	30	50	55	75	18,00	90	40	80	100
1,90	20	100	90	95	4, 0	20	50	40	50	19,00	95	40	80	100
2,00	20	50	30	60	4,60	45	85	65	75	20,00	50	20	80	100
2,10	45	75	35	100	4,70	20	40	80	85	30,00	60	30	120	80
2,20	55	50	20	100	4,75	30	100	95	60	40,00	80	30	60	40
2,25	45	40	20	100	4,80	30	100	40	25	50,00	100	30	60	40
2,30	70	80	25	95	4,90	45	85	60	65	60,00	120	30	60	20
2,40	60	50	20	100	5,00	35	40	80	110	70,00	35	30	120	20
2,50	50	40	20	100	5,25	45	100	35	30	80,00	40	30	120	20
2,60	30	100	65	75	5,50	35	100	110	70	90,00	45	30	120	20
2,70	45	50	30	100	5,75	55	90	80	85	100,00	50	30	120	20
2,75	20	50	55	80	6,00	30	20	40	100	110,00	55	30	120	20
2,80	30	100	70	75	6,25	25	50	75	60	120,00	60	30	120	20
2,90	30	80	85	110	6,50	20	45	95	65	130,00	65	30	120	20
3,00	45	90	30	50	6,75	45	100	90	60	140,00	70	30	120	20
3,10	55	100	45	80	7,00	70	60	30	50	150,00	75	30	120	20
3,20	20	50	60	75	7,25	55	90	95	80	160,00	80	30	120	20
3,25	20	50	65	80	7,50	75	60	30	50	170,00	85	30	120	20
3,30	20	50	70	85	7,75	45	85	95	65	180,00	90	30	120	20
3,40	20	100	85	75	8,00	80	60	30	50	190,00	95	30	120	20
3,50	20	50	35	40	8,50	85	60	30	50	200,00	100	30	120	20

VOILURE. La voilure qui reçoit l'impulsion du vent pour donner le mouvement aux navires est répartie entre plusieurs mâts, ordinairement au nombre de quatre, savoir, en commençant par l'arrière : le *mât d'artimon*, le *grand mât*, le *mât de misaine*, dirigés verticalement ou à peu près, et, tout à fait à l'avant, le *mât de beaupré*, fortement incliné sur l'horizon.

Les grandes dimensions assignées aux mâts verticaux ne permettent pas de les exécuter en une seule longueur, et l'on est dans l'obligation de les fractionner en trois ou quatre pièces, réunies par des croisements d'une certaine étendue, et des assemblages particuliers qui fournissent une liaison suffisante. Ces différentes pièces reçoivent les noms de *bas mât*, *mât de hune*, *mât de perroquet*, et *mât de cacatois* pour le plus élevé; les trois mâts principaux sont divisés de la même manière, et chacune de leurs divisions, en outre de son nom générique, prend un nom particulier se rapportant au mât dont elle fait partie : ainsi l'on dit grand mât de hune, grand mât de perroquet, pour les divisions du grand mât; petit mât de hune, petit mât de perroquet, pour celles du mât de misaine; mât de hune d'artimon ou perroquet de fougue, pour les divisions de l'artimon, etc. Le mât de beaupré est également décomposé, dans le sens de la longueur, en plusieurs pièces croisées à peu près comme celles des autres mâts; ce sont: le *mât de beaupré*, le *bout dehors de grand foc*, et le *bout dehors de clin foc*, ou bâton de foc.

La voilure comprend deux espèces de voiles : les voiles *carrées*, supportées par des *vergues* perpendiculaires à l'axe de mâts verticaux et susceptibles de prendre différentes obliquités autour de cet axe, et les voiles *auriques*, dont l'axe, situé dans le plan longitudinal, est plus ou moins incliné par rapport à l'horizon,

VOILURE.

et qui, à l'état de repos, sont entièrement comprises dans ce plan.

Chaque mât vertical porte autant de voiles carrées qu'il présente de divisions; ce sont pour le grand mât : la *grand'voile*, le *grand hunier*, le *grand perroquet* et le *grand cacatois;* pour le mât de misaine : la *misaine*, le *petit hunier*, le *petit perroquet* et le *petit cacatois;* pour le mât d'artimon il n'y a pas de basse voile, on a seulement : le *hunier d'artimon* ou *perroquet de fougue*, le *perroquet d'artimon*, et le cacatois d'artimon ou *perruche*.

Les vergues reçoivent le nom des voiles qu'elles supportent, à l'exception de la basse vergue du mât d'artimon, qui n'a pas de voilure et ne sert qu'à étendre le perroquet de fougue ; elle est nommée la *vergue barrée* ou *vergue sèche*.

Les voiles auriques sont moins nombreuses que les voiles carrées; elles comprennent en premier lieu la *brigantine*, soutenue par le mât d'artimon; cette voile présente la forme d'un quadrilatère dont l'un des côtés est lacé au mât, dont le côté supérieur est soutenu par la *corne*, fortement inclinée sur l'horizon et articulée dans le plan diamétral avec le mât, et dont le côté inférieur, à peu près horizontal, est étendu sur un arc-boutant nommé le *gui*, articulé sur le mât de la même manière que la corne. Les voiles auriques de cette espèce, c'est-à-dire lacées au mât et soutenues par une corne, reçoivent le nom générique de voiles goëlettes. Le grand mât porte une voile goëlette nommée *artimon de cape;* le mât de misaine reçoit aussi quelquefois une voile semblable, nommée *misaine goëlette*. Les voiles auriques comprennent encore, à l'avant, les *focs*, qui affectent la forme de triangles à peu près rectangles; l'hypoténuse de ces triangles est soutenue par un cordage qui tient lieu de vergue, nommée la *draille*, et qui s'étend de l'une des divisions du mât de misaine à la division correspondante du mât de beaupré; il n'est besoin d'aucune installation particulière pour tenir les focs étendus, un simple cordage fixé à leur sommet, qui reste flottant, suffit pour remplir cet objet. Les focs sont ordinairement au nombre de trois : le *grand foc*, dont la draille s'étend du ton du petit mât de hune à l'extrémité du bout dehors; le *petit foc*, supporté par une draille établie entre le ton du petit mât de hune et l'extrémité du beaupré; et enfin le *clin foc*, dont la draille part du mât de perroquet et aboutit à l'extrémité du bâton de foc.

Les voiles goëlettes et les focs sont les voiles auriques les plus usitées, cependant on ajoute quelquefois entre les mâts verticaux des voiles trapézoïdales, suspendues et lacées à des cordages inclinés dans la direction des étais; par exemple : du ton du perroquet de fougue au ton du grand mât, ou du ton du grand mât de hune à celui du mât de misaine. Ces voiles sont désignées, en général, sous le nom de *voiles d'étais;* elles étaient fort employées autrefois, elles sont tout à fait tombées en désuétude pour les bâtiments de la marine militaire, mais il en est toujours fait usage dans la marine marchande, et surtout dans les grands clippers américains.

La totalité de la voilure n'est déployée que dans des circonstances exceptionnelles, comme, par exemple, dans l'allure vent largue par très-beau temps; le plus ordinairement les voiles employées sont : les basses voiles, les huniers et perroquets, la brigantine et le grand foc, auxquelles on donne le nom de *voiles majeures;* nous les avons représentées (fig. 1) pour une

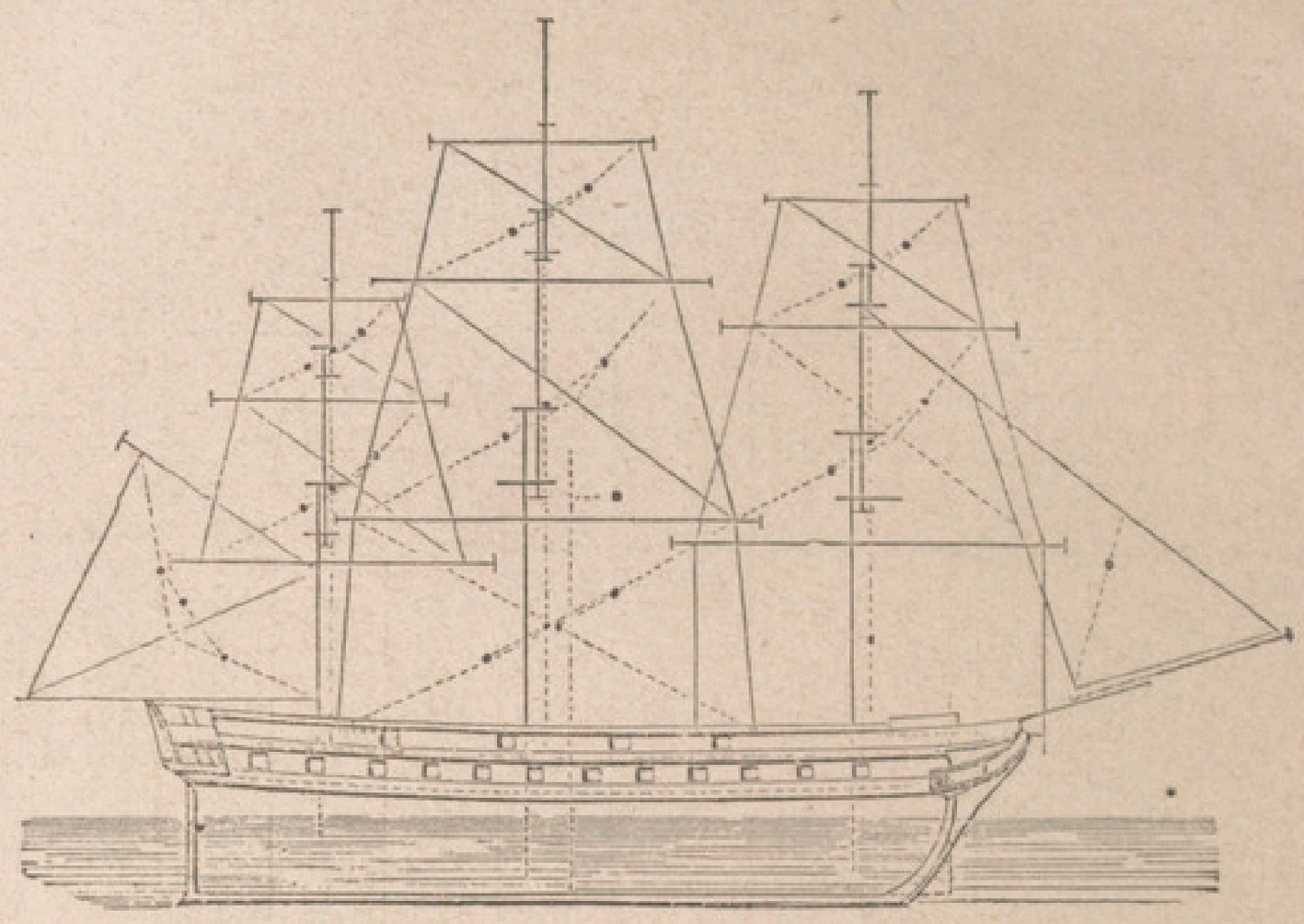


Fig 1

frégate que l'on peut prendre pour type des bâtiments à voiles carrées.

Lorsque l'on calcule la surface de voilure d'un bâtiment, c'est toujours la surface des voiles majeures, mesurée sur le plan que l'on trace de la manière suivante : les mâts sont représentés par leurs axes, les vergues sont rabattues autour de l'axe du mât de perroquet, et l'on prend pour contour des voiles celui des trapèzes obtenus en joignant deux à deux les extrémités des vergues. En réalité, le contour et les surfaces des voiles diffèrent plus ou moins de ceux de ces trapèzes; mais comme ce qu'il importe le plus, c'est d'établir certaines comparaisons entre les voilures de différents navires, il suffit que ces voilures soient évaluées toutes de la même manière.

Calcul de la surface et du centre de gravité de la voilure. Les voiles hautes sont toujours des trapèzes, ainsi que nous venons de le dire; les basses voiles ont quelquefois les côtés verticaux, et alors leur forme est celle d'un rectangle; les focs sont des triangles; quant à la brigantine, c'est un quadrilatère quelconque. Quelle que soit d'ailleurs la forme des voiles, on calcule leurs surfaces et l'on détermine leurs centres de gravité par les procédés les plus simples de la géométrie, et il est inutile d'insister ici sur ce sujet. Nous avons indiqué sur la figure les centres de gravité de chaque voile avec les constructions graphiques nécessaires pour les obtenir; une simple inspection suffira pour les faire comprendre.

Désignons par : $s, s', s'', \ldots$ les surfaces des différentes voiles;

$x, x', x'', \ldots$ les distances de leurs centres de gravité à la verticale passant par le milieu;

$y, y', y'', \ldots$ les hauteurs de ces mêmes points au-dessus du centre de gravité de la coque;

soient encore X et Y les coordonnées du centre de gravité de la surface de voilure totale S; on aura :

$$SX = sx + s'x' + s''x'' \ldots ; \quad X = \frac{sx + s'x' + s''x'' \ldots}{S}$$

$$SY = \frac{sy + s'y' + s''y'' \ldots ;}{S} \quad Y = \frac{sy + s'y' + s''y'' \ldots}{S}$$

Les quantités X et Y ainsi calculées serviront à déterminer la position exacte du centre de gravité de la voilure définie comme il vient d'être dit; on lui donne le nom de *centre de voilure*, ou encore de *point vélique*.

Position du centre de voilure, ou point vélique. La position du centre de voilure joue un rôle important dans l'économie du navire. Considérons, dit M. Freminville (*Guide du Marin*), que nous continuerons à citer ici, un bâtiment dont la voilure soit primitivement un plan vertical, représenté par sa trace *bc* (fig, 2),

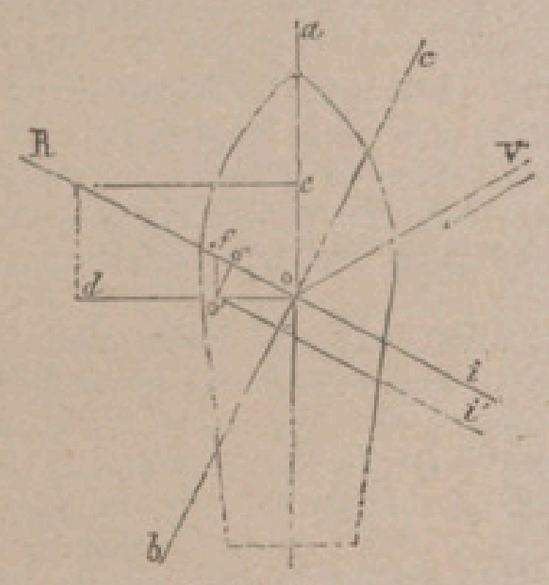


Fig. 2.

et soit O V la direction du vent; l'effort produit sur les voiles se traduit par une pression normale *oi*, appliquée à son centre de gravité *o;* cette pression se décompose en deux forces, l'une *oa* dans le sens de la quille, et l'autre *od,* perpendiculaire; la première produit la marche directe du bâtiment, et la deuxième, une marche transversale nommée la *dérive;* la marche réelle du navire n'a pas lieu suivant la quille, mais suivant une direction oblique par rapport à celle-ci, et qui est la résultante de la marche directe et de la dérive. Chacune de ces marches longitudinale et transversale produit une résistance spéciale, dont la résultante *o*R constitue la résistance finale qui doit équilibrer la force impulsive *oi*, ce qui entraîne implicitement la condition que les deux forces *o*R et *oi* soient égales et directement opposées, ou que sur notre figure les deux droites *o*R et *oi* soient dans le prolongement l'une de l'autre. Dans cet état, la direction du navire est stable; il n'est sollicité par aucun couple tendant à l'éloigner ou à le rapprocher de la direction *o*V du vent, ce que l'on exprime en disant qu'il n'est ni *mou* ni *ardent*.

Cet état d'équilibre étant établi, si le vent vient à fraîchir, la pression supportée par les voiles augmente, le navire incline en tournant autour d'un axe passant par son centre de gravité, et dans ce mouvement le centre de voilure vient se projeter quelque part en *o'*, sur une perpendiculaire à *oa;* la nouvelle direction de la force poussante devient donc *o' i';* quant à la résistance, elle conserve même point d'application et même direction : elle reste donc *o*R; les deux forces qui sollicitent la navire ne sont plus directement opposées et donnent naissance à un couple égal à $R \times o' o''$, qui tend toujours à rapprocher le bâtiment de la direction du vent, ou suivant l'expression consacrée : à le rendre *ardent;* cet effet se produit toutes les fois que le navire

incline, quelle que soit d'ailleurs la cause qui produit son inclinaison. Pour établir l'équilibre, il faut modifier la position du centre de voilure de telle sorte que sa projection tombe de nouveau sur la droite *o*R; on peut obtenir ce résultat par deux moyens : soit en réduisant la voilure haute, ce qui fait cheminer le centre de voilure sur *oo*, soit en diminuant les voiles de la partie arrière et en augmentant celles de l'avant, ce qui, à surface égale, déplace la projection du centre de gravité suivant la droite *o' f* parallèle à l'axe.

VOITURES (*angl.* wheel-carriage, *all.* fuhrwerke). Dans toute l'étendue du mot, on appelle voiture une machine mobile susceptible d'être appliquée au transport des personnes ou des marchandises sur une voie de terre. Cette voie, modification permanente du relief du globe, constitue une machine fixe, servant à diminuer les résistances qui s'opposent au mouvement de la voiture. Nous n'avons pas à nous occuper ici des voies de communication, que nous avons traitées aux articles ROUTES et CHEMINS DE FER.

Toute voiture se compose essentiellement d'un coffre servant à renfermer les objets à transporter et monté sur un nombre variable de roues circulaires à peu près verticales. Nous allons passer en revue les diverses parties qui entrent dans la composition d'une voiture, mais auparavant donnons le résumé des expériences de M. Morin sur le roulement des voitures et leur action sur la voie: elles font bien comprendre les diverses conditions auxquelles le constructeur doit satisfaire.

La résistance opposée par les routes pavées ou en empierrement solide au mouvement des voitures, et rapportée à l'axe de l'essieu dans une direction parallèle au terrain, est :

1° Sensiblement proportionnelle à la pression et inversement proportionnelle au rayon des roues; 2° indépendante du nombre des roues et à très-peu près indépendante de la largeur des bandes de roues.

Sur les terrains compressibles : les terres, les sables, le gravier, les rechargements en matériaux solides et les routes neuves en empierrement, la résistance décroît quand la largeur de la bande de roue augmente.

Sur les terrains mous et compressibles tels que les terres, le sable, les accotements en terre, en bon état ou avec ornières, la résistance est indépendante de la vitesse pour les voitures suspendues ou non suspendues.

A la vitesse de 1^m en 1", sur le pavé en bon état et sur les routes en empierrement, la résistance est sensiblement la même pour les voitures suspendues et non suspendues. Sur les routes en empierrement et sur le pavé, la résistance croît avec la vitesse de manière que ses accroissements sont à peu près proportionnels à ceux de la vitesse à partir de celle de 1^m en 1".

L'augmentation du tirage en fonction de la vitesse est d'autant moindre que la voiture est moins rigide, mieux suspendue, et la route plus unie. Elle est assez faible pour les vitesses du pas et du grand trot, pour les diligences bien suspendues, sur les routes en empierrement en très-bon état qui n'offrent pas de cailloux à fleur de sol.

Sur un bon pavé, bien serré et bien uni, la résistance, au pas, n'est que les trois quarts de celle qu'offrent les meilleures routes en empierrement; et pour les voitures bien suspendues, la résistance au trot est la même sur le pavé que sur les routes en empierrement en bon état. Mais sur un pavé médiocrement entretenu, mal posé et à joints trop larges, la résistance au trot, même pour les voitures les mieux suspendues, est plus grande que sur les bonnes routes en empierrement.

L'inclinaison du tirage correspondante au maximum d'effort utile doit, en général, croître avec la résistance du sol, et être d'autant plus grande que le rayon des roues de l'avant-train est plus petit; ce qui, sur les

VOITURES.

routes ordinaires, conduit à se rapprocher de la direction horizontale autant que la construction de la voiture le permet.

Ces résultats d'expériences vont nous guider dans l'étude que nous allons faire des éléments qui entrent dans la construction des voitures employées sur routes ordinaires, n'ayant pas à revenir ici sur celles qui constituent le matériel roulant des chemins de fer, et dont il a été traité en détail à l'article CHEMINS DE FER. Nous ne parlerons pas des effets d'inertie de la masse à mouvoir, simples à analyser, mais qui jouent un grand rôle dans la pratique.

Des roues. C'est sur l'invention de cet admirable organe, dont la découverte se perd dans la nuit des temps, que repose toute la locomotion sur terre. En remplaçant le frottement de glissement sur le sol d'un corps en mouvement, par un frottement de roulement presque insensible sur une route en bon état et le frottement de l'essieu qui consomme un travail bien moindre, la roue se trouve un admirable organe mécanique auquel on ne fait pas attention précisément parce que son immense utilité en rend l'emploi extrêmement fréquent.

Soit R le rayon de la roue, r celui de l'essieu, F la force de traction rapportée à l'axe et parallèlement au sol, ω l'angle de rotation, f le frottement sur l'essieu, le travail produit par la force sera $F \times R \times \omega$, travail qui sera égal, en négligeant le frottement de roulement, au travail du frottement sur l'essieu, dont la valeur sera $f r \omega$; on aura donc $F R \omega = f r \omega$, ou $F = \frac{fr}{R}$.

On en conclut que le rayon R doit être le plus grand possible; on est limité par la condition du bon attelage des chevaux et la stabilité à donner à la voiture. Quant aux termes f et r, ils doivent être aussi faibles que possible; nous verrons ci-après comment on satisfait à ces conditions par l'emploi d'un métal dur et résistant, en traitant des essieux.

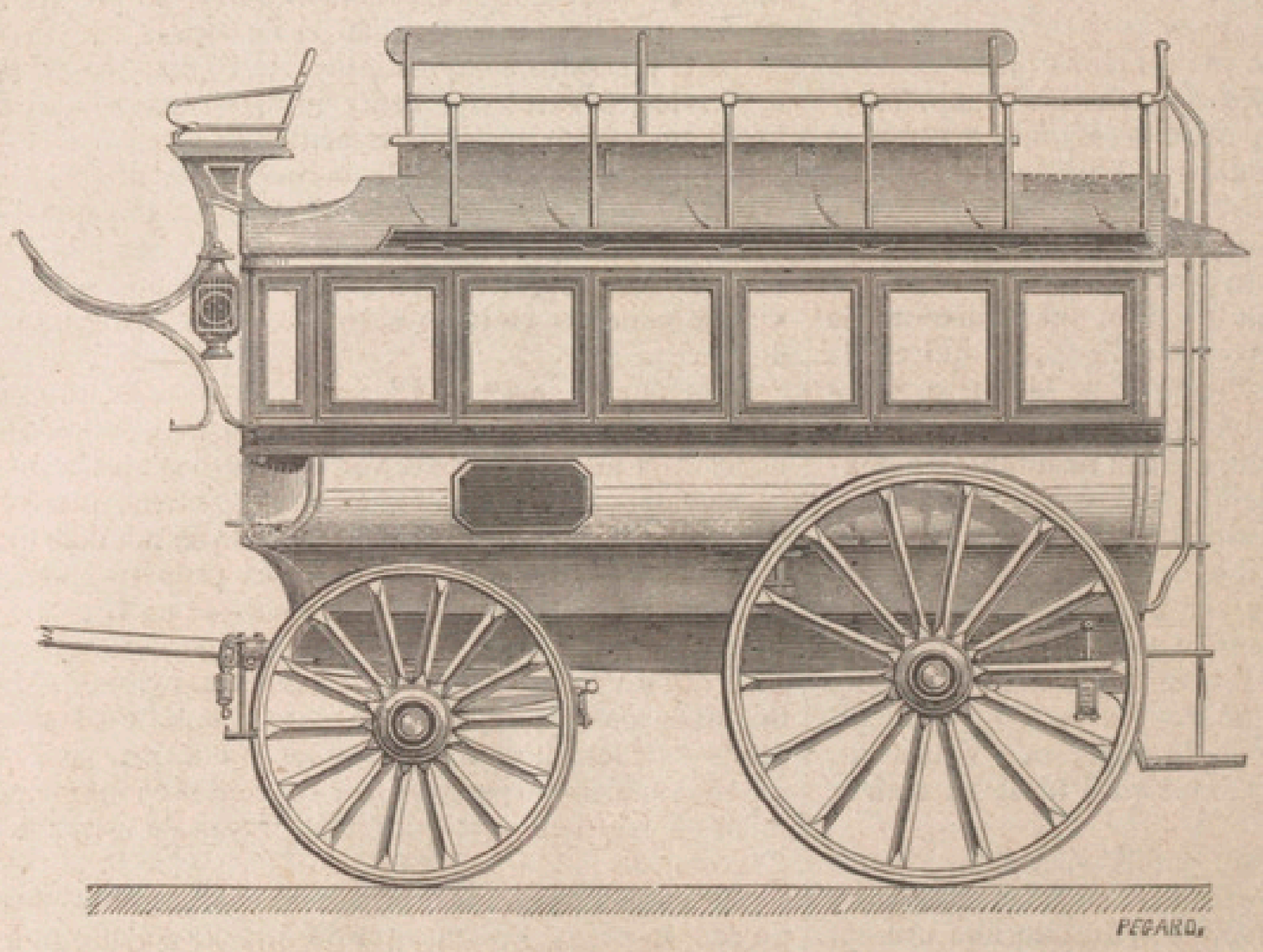


Fig. 2557.

Les roues se composent d'un moyeu, des rais et de la jante. Le moyeu est une forte pièce de bois d'orme, dont l'axe est évidé pour recevoir la boîte laquelle reçoit l'essieu. Sur sa circonférence dressée au tour sont pratiquées les entailles destinées à recevoir les pattes des rais. Ceux-ci destinées à unir la jante au moyeu sont de forme prismatique. Ils pénètrent la jante par leur extrémité en forme de cheville. La jante est composée de morceaux de bois dressés, de forme circulaire, et d'une longueur égale à une fraction déterminée de la circonférence $\frac{1}{7}, \frac{1}{9}$, telle que deux joints ne se correspondent jamais. Les parties de la jante assemblées d'une part aux rais à l'aide des trous qui y sont percés, sont réunies entre elles par des chevilles entrant dans des trous percés dans chaque face du joint.

Enfin la roue est munie d'un cercle en fer, qui, appliqué après avoir été chauffé, et par conséquent quand son diamètre est plus grand que celui de la roue, resserre tous les joints en se refroidissant, consolide la roue et lui donne la résistance convenable. Il serait inutile d'insister bien longuement sur le travail du charron. Le tracé se réduit évidemment à savoir diviser une circonférence en parties égales et le travail de l'ouvrier est assez simple pour être compris à première vue dans tous ses détails.

Les roues étant la partie de la voiture sur laquelle se porte presque toute la fatigue, leur usure est considérable; le cercle en fer doit donc être d'épaisseur convenable pour durer suffisamment en conservant une résistance assez grande, en raison du poids de la voiture.

La fabrication des roues étant une industrie considérable, on devait chercher à les établir à l'aide de moyens mécaniques. Depuis le perfectionnement des scieries, des outils servant à travailler le bois mécaniquement, la solution de ce problème était évidemment possible, aussi facile même que celle de plusieurs autres du même ordre, résolus depuis assez longtemps, tels que celui de la fabrication des poulies par M. Brunel. Ce n'est pourtant que vers 1827 que M. Philippe a monté le premier établissement de fabrication des roues à la mécanique, en utilisant plusieurs inventions curieuses de détail, déjà essayées. On peut voir aujourd'hui cette fabrication dans les grands ateliers de construction des Omnibus de Paris, qui ont créé un type de voiture représenté fig. 2557, extrêmement remarquable au double point de vue de la commodité et de la sécurité.

Le moyeu tourné et percé sur un tour est placé sur une plate-forme à diviser pour être percé à l'aide de mèches mises en mouvement par des courroies, suivant les positions exactes des rais. Ceux-ci, débités sous leur forme exacte à l'aide de scies, sont présentés à un système de scies circulaires parallèles, qui forment les faces de la patte pendant que d'autres scies circulaires en s'avançant en coupent les épaulements. L'autre extrémité du rai est formée à l'aide d'une espèce de lunette cou-

VOITURES.

pante. La jante est débitée circulairement à l'aide d'une scie et d'un plateau tournant sur lequel est adaptée la pièce de bois. Nous avons donné idée de cette disposition à l'article MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

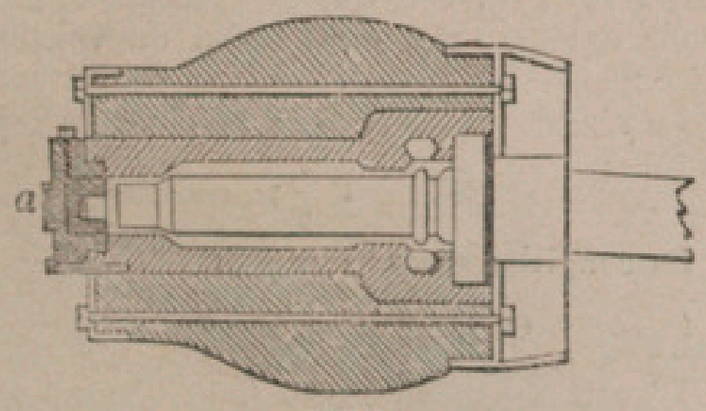
Enfin un dernier perfectionnement réel apporté dans cette fabrication consiste à faire l'embattage (le placement du cercle) sur une plate-forme en fonte placée au-dessus d'un réservoir. Le cercle chauffé bien également dans un four est placé sur la roue et battu fortement pour entrer à force. La roue se charbonne à son contour, et si cet effet pouvait se produire quelque temps, comme il arrive quelquefois dans le travail à la main, le cercle se trouverait bientôt trop grand. Mais dans le système dont nous parlons, aussitôt le cercle placé, on fait tourner un peu la plate-forme assemblée par son centre à un support par un assemblage à baïonnette et on la plonge dans l'eau du réservoir inférieur.

Ecuanteur. Les axes des rais ne sont pas dans le plan passant par le milieu de la jante, ils ont une inclinaison qu'on appelle l'*écuanteur*. Cette inclinaison est fort importante à considérer, car c'est d'elle que dépend l'élasticité des roues, qui est évidemment d'autant plus grande que les rais transmettent plus transversalement les chocs. Comme la résistance des pattes des rais est limitée, cette inclinaison ne saurait être bien considérable ; mais son effet n'en est pas moins très sensible, et on doit y avoir égard, surtout dans les voitures non suspendues.

Des essieux et boîtes de roues. De la valeur que nous avons trouvée pour la force de traction, il résulte que celle-ci sera d'autant moindre que le rayon de l'essieu sera moindre, que la valeur du coefficient de frottement sera moindre. On satisfait à la première condition en faisant l'essieu du métal le plus résistant, d'une étoffe de fer et d'acier, qui permet de lui donner la dimension minimum ; à la seconde, en faisant tourner l'essieu dans une boîte de roue en bronze, assemblée avec le moyeu, et qu'on garnit de graisse.

Nous avons donné à l'article SERRURERIE les dimensions adoptées pour les essieux en proportion des charges ; nous n'avons pas à y revenir ici.

Une condition essentielle à remplir, consiste à empêcher la roue de quitter l'essieu dans aucun cas. Dans les charrettes, on se contente souvent de chasser une cheville en bois dans le bout de l'essieu, percé à cet effet, au-delà d'une rondelle mobile en fer qui s'applique sur le bout du moyeu. Pour les voitures communes, on forme un filet de vis au bout du moyeu, et on serre un écrou qui vient s'appliquer sur la rondelle. Une cheville empêche l'écrou de sortir, et le pas de celui d'une roue est en sens inverse de celui de l'autre roue, c'est-à-dire tel que le mouvement de la voiture tend toujours à serrer les 2 écrous. Toutefois, ce système ne met pas à l'abri de tous les accidents qui peuvent résulter de la perte d'un écrou dévissé par les chocs de la voiture. Toutes les voitures de luxe sont munies aujourd'hui du système anglais, d'essieux *patentés* qui parent tout à fait à ces accidents, et conservent bien mieux la graisse autour de l'essieu. La figure 2557 montre un sys-



2557.

tème de ce genre. On voit que l'essieu porte un collet, qui est recouvert par un chapeau assemblé au moyeu par quatre boulons et quatre écrous, qu'aucune cause ne peut faire tomber, puisqu'ils sont placés à l'intérieur et excentriques avec l'essieu. Dans le système représenté dans la figure, une boîte *a*, se montant à vis, vient presser par un coussinet en cuir pour éviter tout balottement de la roue. On voit que l'essieu ne porte pas dans toute la longueur du moyeu, ce qui est inutile, mais seulement à ses extrémités. Il en résulte que si on introduit de l'huile dans le milieu par une ouverture qu'on ferme avec une vis, celle-ci, contenue dans un espace fermé, lubréfiera constamment les parties en contact, et rendra ainsi le frottement un minimum.

Ressorts. Nous avons vu au commencement de cet article toute l'importance des ressorts au point de vue de l'économie de la force motrice. Si l'on joint à cela le grand avantage qui résulte pour les voyageurs, de ne pas être atteints par les cahots de la voiture, on aura l'explication de la nécessité de suspendre toutes les voitures servant au transport des voyageurs, qui marchent toujours avec une certaine vitesse (voyez l'article RESSORTS).

Train. Les voitures à deux roues se composent essentiellement de deux brancards attachés à l'essieu et auxquels le cheval est attaché. La voiture tourne par la rotation sur place d'une des roues, pendant que l'autre décrit un arc de cercle.

Dans les voitures à quatre roues, une tige, dite cheville ouvrière, placée généralement au-dessus du milieu de l'essieu des roues de devant, reçoit l'œil de la flèche assemblée à l'essieu des roues de derrière. Cette flèche pose sur une partie plate, dite semelle. La voiture tourne donc par la double rotation, d'abord, des roues de devant, entraînées par l'attelage, puis des roues de derrière entraînées par la cheville ouvrière.

Il en résulte que pour tourner à angle droit ou sous un angle plus grand, il faut que les roues de devant puissent passer sous la flèche. On y parvient en donnant aux roues de devant un faible diamètre, condition très défavorable pour le tirage. On diminue cet inconvénient dans quelques voitures, pour lesquelles la forme de la caisse le permet, en faisant la flèche en fer et la cintrant en col de cygne pour laisser passage aux roues de devant.

On peut obtenir un tournant suffisant, pour quelques cas spéciaux, avec des roues de devant d'un plus grand diamètre, par deux systèmes. Le premier consiste à reporter en arrière de l'essieu de devant la cheville ouvrière. Il est clair que dans ce cas le milieu de cet essieu s'écarte de l'axe de la voiture, dans un plan horizontal, et que les roues rencontreront la caisse de la voiture qui limite l'angle de rotation, d'autant plus tard, que le point de rotation sera plus en arrière de l'essieu. Bien entendu que cet effet n'a lieu qu'autant que la partie antérieure de la caisse de la voiture est assez étroite pour ne pas gêner ce déplacement latéral.

Le second moyen consiste à assembler par des chaînes croisées les deux essieux. Celui de devant ne pourra tourner sans entraîner celui de derrière de manière à faire converger les axes des deux essieux vers un point de rencontre de plus en plus rapproché. C'est le système que nous avons décrit à l'article CHEMIN DE FER et qui a été employé avec succès par M. Arnoux, au chemin de Sceaux. C'est pour des voitures à six roues que ce système a été proposé pour la première fois, par sir Sidney Smith. Il se proposait de faire tourner, très court, des voitures très longues, et avec un minimum de tirage, puisque les roues passant toutes par la même trace et quatre roues suffisant pour porter la voiture, les cahots résultant de l'enfoncement d'une roue dans une cavité du sol se trouvaient évités. Ce système avait un grand défaut, c'était celui qui résultait de l'emploi de petites roues pour toutes les voitures qui ne pouvaient tourner suffisamment, si celles de devant et cel-

les de derrière ne passaient sous la caisse; défaut majeur qui a empêché de donner suite à cet ingénieux système.

Attelage. Dans les voitures à deux roues le cheval placé entre les deux brancards porte une partie du poids de la voiture et la fait tourner en poussant les brancards. Tous les cahots de la voiture se transmettant au cheval, il fatigue beaucoup quand le poids à traîner est considérable. La charge d'une partie du poids de la voiture qu'il supporte, et qu'on a soin de rendre habituellement minime, par une bonne disposition du chargement, permet au cheval de traîner, sur un sol glissant, un poids supérieur à celui qu'il eût traîné étant libre. Dans ce dernier cas, en effet, le cheval ne trouvant d'autre adhérence sur le sol que le frottement qui varie avec son poids (sauf le cas où il rencontre des aspérités sur lesquelles il peut s'appuyer), et ce frottement augmentant avec la charge, l'effort qu'il pourra développer croîtra avec celle-ci.

Dans les voitures à plus de deux roues, le cheval est attelé à des palonniers, et la voiture, guidée par une flèche, dite timon, qui s'assemble à l'essieu des roues de devant. Etant entièrement libre l'attelage peut développer tous ses efforts en pleine liberté; les chevaux, placés près du timon, et qui en supportent l'extrémité par leurs colliers, souffrent seuls des cahots de la voiture, mais ne portent aucune partie de son poids.

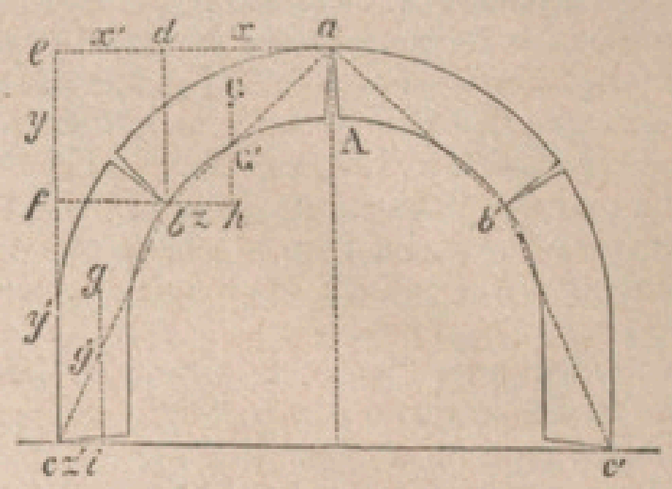
VOLANT. Voyez MACHINE A VAPEUR.

VOUTES. Il existe peu d'édifices importants où l'on n'ait eu recours aux voûtes, pour y réunir à la fois la solidité, la durée et l'aspect monumental. On en fait un usage journalier dans les constructions, même les moins importantes; dans la plus chétive maison, il y a une cave recouverte d'une voûte.

Les voûtes ne sont pas seulement importantes par leur usage fréquent, mais aussi par les difficultés que les ingénieurs et architectes éprouvent pour en fixer les dimensions, de manière à concilier l'économie, la solidité et l'élégance. Le problème de la détermination des conditions de stabilité d'une voûte, est un des plus complexes de l'art de construire; aussi a-t-il déjà fixé l'attention d'un grand nombre de savants, et il est encore aujourd'hui l'objet d'une étude très sérieuse de la part de M. Yvon Villarceau, qui, en envisageant la question sous un point de vue différent de ses devanciers, est arrivé à fixer d'une manière certaine, suivant les lois de la plus grande stabilité, les formes à donner à une voûte pour supporter des charges dont les intensités et le mode de répartition sont fixés à l'avance. Comme cette nouvelle théorie n'a pas encore été expérimentée, et que des idées nouvelles, quelque excellentes qu'elles soient, sont toujours longtemps avant d'être adoptées d'une manière générale dans la pratique, nous allons passer en revue les règles qui ont servi jusqu'à présent à fixer les dimensions des voûtes. Nous renvoyons à l'article PONTS pour les détails pratiques d'exécution de voûtes.

Que les voûtes soient de ponts ou d'édifices quelconques, il y a des conditions auxquelles elles doivent toujours satisfaire. Ainsi, par exemple, les surfaces de joint des voussoirs doivent toujours être normales à l'intrados, que cet intrados soit cylindrique, comme cela a lieu ordinairement, ou sphérique, comme dans les dômes, ou conoïde, comme dans les voûtes d'arêtes ou tours rondes (on verra plus loin que, d'après la disposition indiquée par la théorie de M. Yvon Villarceau, les plans de joints ne doivent pas être normaux à l'extrados, comme on a l'habitude de le faire, mais bien à l'intrados, à la courbe des centres de gravité des voussoirs supposés infiniment petits et à l'intrados fictif; ces trois courbes sont parallèles).

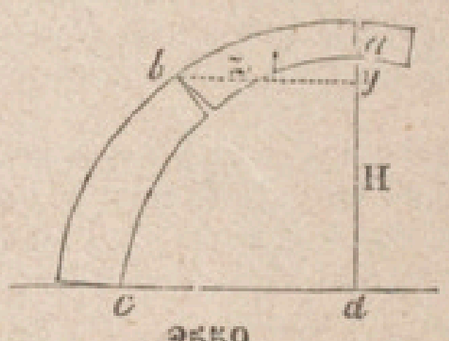
Dimensions des voûtes. Joints de rupture Lorsque les dimensions d'une voûte et de ses culées sont réduites au point de ne pouvoir se soutenir, on remarque, au moment où l'équilibre va se rompre, qu'en général la voûte s'ouvre, comme l'indique la fig. 2558, à l'intra-



2558.

dos, à la clef; à l'extrados, en des points placés dans les *reins* de la voûte, et que les pieds-droits tournent autour de l'arête extérieure de leur base.

Quelquefois, lors de la rupture, on remarque que la voûte se fend à la clef et dans les reins, mais sans s'ouvrir, et que les pieds-droits glissent sur leurs bases.



2559.

Il est encore un troisième cas de rupture possible; c'est celui où, comme dans la fig. 2559, le voussoir inférieur, c'est-à-dire l'ensemble du pied-droit et de la partie de voûte inférieure au rein, exerce, pour tomber en avant, un effort plus grand que celui exercé par le voussoir supérieur pour le faire tourner en sens contraire. Alors la voûte s'ouvre comme dans le premier cas, mais à l'extrados, à la clef; à l'intrados, aux reins, et les pieds-droits tournent autour de l'arête intérieure de leurs bases.

Une voûte peut être considérée, d'après ces modes de rupture, comme composée de quatre voussoirs séparés par les joints où la rupture est possible, et qui doivent mutuellement se maintenir en équilibre.

1° Examinons d'abord le *premier cas de rupture*, celui où il y a affaissement de la voûte et renversement des pieds-droits (fig. 2558).

Au moment où l'équilibre se rompt, on peut supposer théoriquement que les voussoirs ne reposent plus l'un sur l'autre et sur le sol que par les arêtes a, b, b', c et c'. Alors les voussoirs ab, bc, ab' et $b'c'$ sont entre eux dans le même état d'équilibre que ses droites rigides ab, bc, ab' et $b'c'$, dont les poids seraient ceux des voussoirs, et dont les centres de gravité seraient placés aux points G', g', etc., situés sur les verticales passant par les centres de gravité G, g, etc., des voussoirs.

Partant de ces hypothèses, et en ne considérant pour simplifier les formules, qu'une tranche de voûte de 1 mètre de longueur (s'il y a équilibre sur 1 mètre, il est évident qu'il subsistera dans toute l'étendue de la voûte), si on représente ad par x, de par x', ef par y, bh par z et ci par $z'i$; que de plus P soit le poids du voussoir agissant ab, et Q celui du voussoir résistant bc:

1° La réaction horizontale à la clef sera représentée par

$$P\frac{z}{y};$$

2° La condition d'équilibre sera

$$Qz' + Px' - P\frac{zy'}{y} = 0;$$

3° D'où il résulte que, pour le cas de rupture considéré, il n'y aura stabilité qu'autant que l'on aura:

$$Qz' + Px' - P\frac{zy'}{y} > 0 \qquad (a),$$

ou en ajoutant $Pz - Pz$ au premier membre de cette inégalité,

$$Qz' + P(x' + z) - \left(Pz + P\frac{zy'}{y} \right) > 0.$$

Qz' est le moment du voussoir bc, pris par rapport à l'arête c; $P(x' + z)$ est le moment du voussoir ab, pris par rapport à la même arête; par conséquent la somme de ces deux expressions est égale au moment total MA de la demi-voûte, pris par rapport à l'arête c.

$M = Q + P$, poids de la demi-voûte;

A, distance horizontale du centre de gravité de la demi-voûte à l'arête c.

Le second terme de l'inégalité précédente devient, en réduisant au même dénominateur

$$Pz\frac{y + y'}{y} = PH\frac{z}{y}$$

$H = y + y'$, hauteur totale de la voûte.

L'inégalité précédente devient donc en définitive

$$MA - PH\frac{z}{y} \text{ ou } H\left(\frac{MA}{H} - P\frac{z}{y}\right) > 0.$$

Il y aura rupture quand le terme négatif sera plus grand que le terme positif, équilibre quand il lui sera égal, et stabilité quand il sera plus petit.

Le terme $\frac{MA}{H}$ étant constant, et celui $P\frac{z}{y}$ étant seul variable, il est évident que si une voûte doit se rompre, ce sera au point pour lequel $P\frac{z}{y}$ est maximum : ainsi la première chose à faire pour s'assurer qu'une voûte résistera, c'est de déterminer la position du joint qui donne $P\frac{z}{y}$ maximum.

Il convient de remarquer que dans cette recherche on n'a à considérer que le voussoir supérieur, et que les joints pour lesquels on doit calculer les valeurs correspondantes de P, y et z, doivent être choisis voisins de celui que l'on croit de rupture. Il est convenable aussi d'observer que, pour abréger les calculs, les valeurs de P sont proportionnelles aux surfaces correspondantes de la section de la voûte, et les valeurs de y et z, données par ces surfaces, étant les mêmes que pour les portions correspondantes de la voûte, il conviendra d'opérer sur ces surfaces pour déterminer les valeurs successives de y et de z. La position du joint de rupture sera déterminée par la valeur maximum du produit de $\frac{z}{y}$ par la surface correspondante du voussoir.

Si on arrivait à une valeur de $P\frac{z}{y}$ trop grande, on augmenterait la largeur des pieds-droits de manière à faire croître convenablement MA.

Ce qui vient d'être dit s'applique aux voûtes surbaissées comme aux voûtes en plein cintre.

Dans tout ce qui précède, nous avons supposé que la voûte n'avait à supporter que son propre poids ; mais ordinairement elle est surmontée d'un massif de maçonnerie formant une surface horizontale au-dessus de la voûte et des pieds-droits ; de plus, encore, ce massif supporte ordinairement une surcharge accidentelle ou permanente. Dans ces divers cas, les poids P, Q, M comprennent non seulement ceux des parties correspondantes de la voûte proprement dite, mais aussi ceux des massifs de maçonnerie et les portions de surcharges qui reposent sur ces parties de la voûte. On a également égard à ces poids additionnels en déterminant les positions des centres de gravité.

Il convient de faire à une grande échelle l'épure qui sert à déterminer le joint de rupture ; cela aide à fixer la position des centres de gravité, ainsi qu'à calculer les surfaces et, par suite, les poids des diverses parties de voûte que l'on a à considérer.

2° *Le deuxième cas de rupture d'une voûte* a lieu lorsque, par l'effet de la force horizontale maximum $P\frac{z}{y}$ du voussoir agissant, la culée ou pied-droit glisse sur sa base. Il est évident que ce glissement ne pourra se produire quand on aura

$$MK > P\frac{z}{y}.$$

K, coefficient du frottement de la culée sur sa base ; on peut le faire égal à 0,76.

Les autres lettres ont la même signification qu au cas précédent.

3° *Le troisième cas de rupture d'une voûte* se présente quand, par la forme de la voûte ou par le mode de répartition de la charge, les pieds-droits tendent à tomber en avant ; alors la voûte s'ouvre à l'intérieur, aux reins, et à l'extérieur, à la clef, comme l'indique la figure 2559. Ce cas peut être considéré comme exceptionnel, et on peut généralement se dispenser de faire les calculs suivants :

On établit les conditions d'équilibre comme dans le premier cas, en prenant pour axes de rotation des voussoirs les arêtes a, b, c ; et pour qu'il y ait stabilité, on trouve que l'on doit avoir

$$H\left(P\frac{z}{y} - \frac{MA}{H}\right) > 0, \text{ c'est-à-dire } P\frac{z}{y} > \frac{MA}{H}.$$

$H = ad$, hauteur de la voûte, mesurée à l'intrados ;

M, poids de la demi-voûte ;

A, distance horizontale des centres de gravité de la demi-voûte à l'arête de rotation c ;

P, poids du voussoir agissant ab ;

z, distance horizontale du centre de gravité du voussoir agissant à l'arête de rotation b ;

y, distance verticale des arêtes de rotation a et b.

Si on n'arrivait pas à $P\frac{z}{y} > \frac{MA}{H}$, on ajouterait un massif de maçonnerie au pied-droit, en dehors de l'arête c. Dans ce troisième cas de rupture, ainsi que dans le deuxième, on a, comme dans le premier, égard à la maçonnerie et à la surcharge qui peuvent reposer sur la voûte.

Épaisseur des voûtes à la clef. La méthode qui vient d'être exposée pour déterminer s'il y a stabilité dans une voûte projetée, ne conduit que par tâtonnement aux dimensions qu'il convient définitivement d'adopter, en faisant diverses hypothèses sur l'épaisseur de la voûte. Afin de ne pas agir au hasard, on a recours, pour fixer le départ de ces suppositions, à la formule empirique suivante, que Perronnet a déduite de ses observations,

$$e = 0,0347d + 0^m,325.$$

e, épaisseur de la voûte à la clef en mètres ;

d, distance des pieds-droits, si la voûte est en plein-cintre ; dans les voûtes surbaissées, d exprime le double du rayon qui a servi à décrire la directrice de l'intrados dans les voûtes en arc de cercle, et l'arc supérieur de cette directrice dans les voûtes en anse de panier.

Comme, pour des valeurs de d supérieures à 30^m, la formule donne des épaisseurs trop fortes, il conviendra dans ces cas de se guider, pour sa première hypothèse, sur les constructions existantes.

Partant de l'épaisseur à la clef ainsi trouvée, on détermine, comme il a été indiqué plus haut, le joint de rupture, et, par suite, la poussée horizontale $P\frac{z}{y}$ de chaque voussoir agissant sur le voussoir résistant. Si cette poussée s'exerçait uniformément sur toute la hauteur e du joint à la clef, il serait facile de calculer quelle

devrait être la valeur de e pour y résister ; mais remarquons que le voussoir agissant $a\,b$, fig. 2558, par sa tendance à tourner autour de l'arête a, rend nulle la pression au point intérieur A, tandis qu'elle est maximum au point extérieur a. Il est évident que la voûte ne résistera qu'autant que la pression maximum au point a ne dépassera pas la limite k que comporte la pierre de la voûte. La pression étant nulle en A, et k en a, on peut supposer que chaque élément de e résiste en raison inverse de sa distance au point a, d'où il résulte que la résistance moyenne est $\frac{k}{2}$, et la résistance totale $\frac{k\,e}{2}$.

Cette résistance totale peut être représentée par la surface d'un triangle, dont la base est k et la hauteur e; son point d'application est situé au centre de gravité du triangle, c'est-à-dire à une distance $\frac{e}{3}$ de la base, qui se confond avec l'arête a ; et comme le moment de cette résistance, pris par rapport à l'arête de rotation b, doit être égal au moment du poids du voussoir agissant $a\,b$, pris par rapport à ce même axe b, on doit donc avoir

$$\frac{k\,e}{2}\left(y-\frac{e}{3}\right)=\mathrm{P}\,z.$$

Dans cette égalité, les longueurs étant représentées en mètres, et P en kilogrammes, k exprime le nombre de kilogrammes que peut supporter avec sécurité chaque mètre carré de la pierre qui compose la voûte. (En pratique on peut faire travailler la pierre depuis 1/15 jusqu'au 1/10 de la charge de rupture.)

L'équation précédente ainsi établie donnera la valeur de e, et si cette valeur était différente de celle que l'on a supposée pour déterminer le joint de rupture, on répéterait cette détermination en adoptant cette nouvelle valeur de e; et la nouvelle valeur de $\mathrm{P}\,z$ fournirait pour e une valeur plus approchée.

Épaisseur des pieds-droits. Lorsque les pieds-droits font culée, c'est-à-dire lorsqu'ils doivent résister à la poussée horizontale de la voûte, il peut arriver qu'ils se renversent en tournant autour de l'arête extérieure. Cette circonstance ne peut se réaliser qu'autant que l'inégalité (a), donnée ci-dessus, ne serait pas satisfaite, ce qui indiquerait qu'il faut augmenter l'épaisseur du pied-droit et par suite z'.

On opérerait d'une manière analogue pour le cas où le pied-droit pourrait tourner autour de l'arête intérieure de sa base.

Il pourrait arriver aussi que, par suite d'une trop faible épaisseur, le pied-droit glissât sur sa base. Ce glissement n'est possible qu'autant que l'inégalité du 2° précédent, n'est pas satisfaite.

Il pourrait arriver également que la voûte glissât sur ses naissances. On vérifiera encore si cet effet est possible à l'aide de l'inégalité du 2°, ci-dessus, dans laquelle M ne comprendra plus le poids du pied-droit, mais seulement celui de la moitié de voûte qui le surmonte. Ce cas est évidemment celui qui exige la plus grande épaisseur de pied-droit ; cependant, comme l'épaisseur statique calculée pour le renversement est ordinairement plus que suffisante pour résister au glissement, on ne peut s'en tenir à cette dernière.

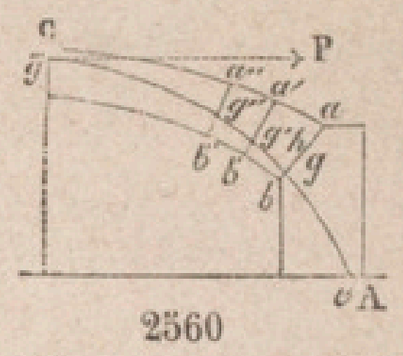
Ordinairement on augmente l'épaisseur statique trouvée d'une quantité telle, qu'en y supposant appliquée une pression égale aux 2/3 de la charge totale de la fondation, on n'ait à craindre ni le tassement du sol ni l'écrasement de la pierre. Dans le *Mémorial du Génie militaire*, au lieu d'opérer ainsi pour obtenir de la stabilité, on multiplie l'épaisseur statique trouvée par un coefficient égal à 1,38 ou 1,40 ; on l'a même porté à 1,90, mais cette valeur paraît exagérée.

Dans les anciens ponts, on faisait les arches très petites et en plein cintre ou en anse de panier, et les piles faisaient culée ; mais dans les arches actuelles, que l'on fait grandes et en arc de cercle, afin de faciliter la navigation, le joint de rupture étant aux naissances pour un arc dont la flèche est le 1/6 ou le 1/8 de l'ouverture, il en résulte que la poussée est trop considérable pour pouvoir établir des piles faisant culée. On se contente de leur donner des dimensions suffisantes pour que les pierres résistent avec sécurité à la charge qu'elles ont à supporter, en ayant égard aux effets des glaces et à toutes les autres causes de dégradation.

Méthode graphique, donnée par M. Méry, ingénieur des ponts et chaussées, *pour calculer la stabilité des voûtes.*

Par ce procédé, très pratique, on peut obtenir les divers éléments principaux nécessaires pour déterminer les épaisseurs des voûtes cylindriques de toutes les formes et celles de leurs pieds-droits.

Lorsqu'une voûte est en équilibre, de quelque manière que la pression se répartisse entre les divers points de chaque joint, elle donne lieu à une résultante unique appliquée en un point du joint : ainsi, par exemple, pour le joint $a\,b$ (fig. 2560), cette résultante, que nous désignerons par p, sera appliquée au point g, et le voussoir C b agissant sur le joint $a\,b$ devra être tenu en équilibre par la réaction p de ce joint et par la poussée horizontale P qui agit au sommet de la voûte. Sur chacun des autres joints $a'\,b'$, $a''\,b''$, etc., il existe des points g', g'', etc., analogues à g. Tous ces points déterminent une courbe, que M. Méry appelle *courbe des pressions*, qui est très propre à éclairer sur l'équilibre de la voûte.



2560

Si cette courbe passe au sommet C de la voûte, au point b de l'intrados et au point extérieur A, cela indique que la voûte tend à s'ouvrir à l'intrados au joint C, à l'extrados au joint $a\,b$, et que le pied-droit tend à tourner autour de l'arête extérieure A.

La courbe des pressions n'atteignant pas les points C, b et A, mais s'en approchant, comme l'indique la fig. 2560, elle montre encore que c'est en ces points que la voûte est le plus faible.

La résultante de toutes les pressions qui s'exercent sur le joint $a\,b$ passant par le point g, où la courbe des pressions rencontre ce joint, la moitié des composantes de p agissent sur la portion $b\,g$, qui doit y résister sans s'écraser ; il en est de même de chacune des portions e A, $b'\,g'$, $b''\,g''$ C g'''.

Nous disons que $b\,g$ doit être capable de supporter la moitié de la pression qui s'exerce sur le joint $b\,a$; mais remarquons que la pression allant en augmentant depuis le point g jusqu'en b, l'arête b s'écraserait si on s'en tenait pour évaluer $b\,g$ à la limite exigée par une demi-pression répartie uniformément. On n'a rien de bien positif sur la manière dont la pression se répartit sur un joint ; mais on admet généralement qu'étant à son maximum en b, elle décroît proportionnellement à la distance de ce point ; de sorte que la pression étant moyenne en g, elle est nulle au point h qui donne $h\,g=2\,g\,b$ (la pression totale sur le joint étant représentée par la surface d'un triangle dont $h\,b$ est la hauteur, g le centre de gravité, et dont la base, que nous représenterons par k, est proportionnelle à la pression maximum en b, en tout autre point du joint, la pression est représentée par la parallèle menée en ce point à la base du triangle).

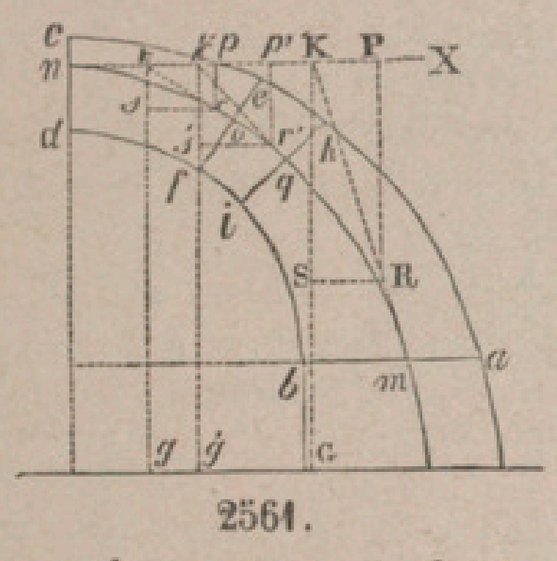
Cela posé, comme il est évident qu'au point b la pression k ne doit pas dépasser la limite que comporte la pierre, il en résulte que la partie $b\,g$ doit être capable de supporter une charge représentée par $k\times b\,g$; et comme la pression totale sur le joint $a\,b$ est $k\times\frac{2}{3}\,b\,g$, on voit donc que $b\,g$ doit être capable de supporter avec

sécurité les 2/3 de la charge totale du joint, quoiqu'en réalité il n'en supporte que la moitié.

La pression s'exerçant suivant la tangente à la courbe des pressions, cette courbe, par son inclinaison sur les divers joints, sert encore à faire connaître les points où le glissement est à craindre. α étant l'angle que fait la direction de la pression avec le joint du voussoir, l'effort qui agit suivant la direction du joint pour produire le glissement est $p \cos. \alpha$; l'effort normal au joint est p sin. α. 0,76 étant le coefficient de frottement ordinairement adopté, on doit avoir, pour qu'il y ait stabilité, $p \cos. \alpha < p \sin. \alpha \times 0{,}76$ ou $\cos. \alpha < \sin. \alpha \times 0{,}76$.

Tracé de la courbe des pressions. Une voûte exigeant, pour sa stabilité, que son épaisseur et celle de ses pieds-droits soient plus considérables que ne l'exige l'équilibre statique, on conçoit que la courbe des pressions peut y prendre une infinité de positions différentes sans qu'il soit possible de préciser celle qui se réalisera. Le tassement, que l'on ne peut évaluer à l'avance, et les surcharges accidentelles auxquelles la voûte peut être soumise ajoutent encore à l'incertitude.

Prenons (fig. 2561), sur le plan des naissances, le point m, paraissant, par ses distances aux points b et a, devoir appartenir à la courbe des pressions (chacune des parties bm et am doit pouvoir supporter sans s'écraser les 2/3 de la charge du joint ab); prenons également sur le joint vertical cd, le point n, paraissant, par sa distance au point c, appartenir à la courbe des pressions, et proposons-nous de tracer cette courbe passant par m et n, c'est-à-dire de trouver les points en lesquels elle rencontre les joints ef, hi, etc.



2561.

On calcule le poids du voussoir $cdba$, et on détermine la position de son centre de gravité, soit KG la verticale passant par ce centre de gravité; prolongeons cette verticale jusqu'à l'horizontale nX, joignons Km, prenons KS proportionnelle au poids trouvé, et, terminant le parallélogramme KSRP, KP est proportionnelle à la poussée horizontale, et la diagonale KR à la pression totale p sur le joint ab. Cela fait, soit kg la verticale passant par le centre de gravité du voussoir $cdfe$; prenons ks proportionnelle au poids de ce voussoir et kp égale à la poussée horizontale KP; construisons le parallélogramme $ksrp$; la diagonale kr représente l'intensité et la direction de la pression sur le joint ef, et le point o, où elle rencontre ce joint, est un des points de la courbe des pressions. Opérant sur le voussoir $cdih$, comme sur $cdfe$, on détermine le point q, où la courbe rencontre le joint hi, et par la même marche on détermine tous les autres points de cette courbe.

Si les points m et n ont été mal choisis, on ne tarde pas à s'en apercevoir; la courbe que l'on obtient sort des limites convenables, ou conduit à une épaisseur démesurée de pieds-droits. On fait alors une nouvelle hypothèse sur la position de ces points, et on construit une nouvelle courbe, en se servant évidemment des poids et des positions des centres de gravité qui ont servi pour la première courbe.

Supposant que la voûte soit construite en matériaux assez résistants pour que la pression puisse s'exercer sur les arêtes des voussoirs sans les écraser, il est évident qu'il y aura équilibre tant que la courbe des pressions ne dépassera en aucun point la limite des voussoirs; mais qu'aussitôt cette limite dépassée, l'équilibre sera rompu si la voûte n'est pas consolidée par des armatures ou par des mortiers d'une résistance supérieure à l'effort qui tend à rompre l'équilibre. Avec les matériaux ordinairement employés, les distances de la courbe aux extrémités de chaque joint doivent être telles, que chacune d'elles soit capable de supporter une charge uniformément répartie égale aux 2/3 de la charge totale qui repose sur le joint.

Lorsque deux voûtes opposées s'appuient sur un même pied-droit, on peut s'en tenir à une épaisseur moindre; parce que, outre que les poussées contraires rendent tout mouvement du pied-droit impossible, la maçonnerie qui relie les deux voûtes au-dessus du plan des naissances rend impossible le glissement et le mouvement de la partie de voûte comprise entre les naissances et les reins. Il est évident que le massif de maçonnerie qui doit relier les deux voûtes doit être construit au moins jusqu'aux joints de rupture des voûtes, avant le décintrement et le chargement.

TABLEAUX DE M. PETIT POUR DÉTERMINER LES DIMENSIONS DES VOUTES.

M. Petit, capitaine du génie, a donné les tableaux suivants des valeurs des angles de rupture, c'est-à-dire des angles que forment avec la verticale les rayons menés du centre de la voûte aux joints de rupture.

1° *Table des angles de rupture, des poussées et des épaisseurs limites des pieds-droits des voûtes en plein cintre à extrados parallèles, sans aucune maçonnerie ni surcharge sur la voûte.*

Valeur du rapport $\frac{R}{r}$	Rapport du diamètre à l'épaisseur	Valeur de l'angle de rupture.	Rapport C de la poussée au carré du rayon r de l'intrados.		Rapport $\sqrt{2C}$ de l'épaisseur limite du pied-droit au rayon de l'intrados, *stabilité de Lahire.*
			Cas de la rotation.	Cas du glissement	
2.732	1.154	0° 00'	0.00000	0.98923	
2.70	1.176	13 42	0.00211	0.96262	
2.65	1.212	22 00	0.00319	0.92168	
2.60	1.250	27 30	0.00809	0.88151	
2.50	1.333	35 52	0.02283	0.80346	
2.40	1.428	42 6	0.04109	0.72847	
2.30	1.538	47	0.06835	0.65654	
2.20	1.666	51 4	0.08648	0.58767	
2.10	1.810	54 27	0.10926	0.52186	
2.00	2.000	57 17	0.13047	0.45912	1.3223
1.90	2.282	59 37	0.14813	0.39943	1.2320
1.80	2.500	61 24	0.16373	0.34281	1.1414
1.70	2.857	62 53	0.17180	0.28924	1.0484
1.60	3.333	63 49	0.17517	0.23874	0.9525
1.59	3.389	63 52	0.17533	0.23386	0.9427
1.58	3.448	63 55	0.17535	0.22901	0.9329
1.57	3.508	63 58	0.17524	0.22434	0.9233
1.56	3.571	64 1	0.17499	0.21940	0.9131
1.55	3.636	64 3	0.17478	0.21464	0.9031
1.54	3.703	64 5	0.17445	0.20991	0.8934
1.53	3.773	64 7	0.17397	0.20521	0.8831
1.52	3.846	64 8	0.17352	0.20054	0.8730
1.51	3.920	64 8	0.17310	0.19590	0.8628
1.50	4.000	64 9	0.17254	0.19130	0.8527
1.49	4.081	64 8	0.17180	0.18673	0.8424
1.48	4.166	64 8	0.17095	0.18218	0.8320
1.47	4.255	64 7	0.17008	0.17766	0.8216
1.46	4.347	64 6	0.16915	0.17318	0.8112
1.45	4.444	64 5	0.16798	0.16872	0.8007
1.44	4.545	64 3	0.16683	0.16430	0.7962
1.43	4.651	64 0	0.16568	0.15991	0.7934
1.42	4.761	63 56	0.16448	0.15555	0.7906
1.41	4.878	63 52	0.16317	0.15122	0.7874

Valeur du rapport $\frac{R}{r}$	Rapport du diamètre à l'épaisseur	Valeur de l'angle de rupture	Rapport C de la poussée au carré du rayon r de l'intrados.		Rapport $\sqrt{2C}$ de l'épaisseur limite du pied-droit au rayon de l'intrados, *stabilité de Lahire.*
			Cas de la rotation.	Cas du glissement	
1.40	5.000	63° 48'	0.16167	0.14691	0.7838
1.39	5.128	63 43	0.16014	0.14264	0.7801
1.38	5.263	63 38	0.15845	0.13841	0.7760
1.37	5.406	63 32	0.15672	0.13420	0.7717
1.36	5.555	63 26	0.15482	0.13002	0.7670
1.35	5.714	63 19	0.15287	0.12587	0.7622
1.34	5.882	63 10	0.15096	0.12176	0.7574
1.33	6.060	63 00	0.14896	0.11767	0.7524
1.32	6.264	62 50	0.14678	0.11362	0.7468
1.31	6.451	62 33	0.14510	0.10959	0.7425
1.30	6.666	62 14	0.14330	0.10559	0.7379
1.29	6.896	62 9	0.14013	0.10163	0.7297
1.28	7.142	62 3	0.13691	0.09770	0.7213
1.27	7.407	61 47	0.13430	0.09379	0.7144
1.26	7.692	61 30	0.13157	0.08992	0.7071
1.25	8.000	61 15	0.12847	0.08608	0.6987
1.24	8.333	61 1	0.12516	0.08227	0.6896
1.23	8.695	60 40	0.12201	0.07849	0.6809
1.22	9.090	60 19	0.11887	0.07474	0.6721
1.21	9.523	60 00	0.11516	0.07102	0.6615
1.20	10.000	59 41	0.11140	0.06733	0.6504
1.19	10.526	59 10	0.10791	0.06368	0.6404
1.18	11.111	58 40	0.10417	0.06005	0.6292
1.17	11.764	58 9	0.10021	0.05646	0.6171
1.16	12.500	57 40	0.09593	0.05289	0.6038
1.15	13.333	57 1	0.09176	0.04935	0.5905
1.14	14.285	56 23	0.08729	0.04585	0.5759
1.13	15.384	55 45	0.08254	0.04237	0.5601
1.12	16.666	54 48	0.07789	0.03984	0.5444
1.11	18.181	54 10	0.07273	0.03552	0.5259
1.10	20.000	53 15	0.06754	0.03213	0.5066
1.09	22.222	52 14	0.06177	0.02879	
1.08	25.000	51 7	0.05649	0.02546	
1.07	28.571	49 48	0.05065	0.02217	
1.06	33.333	48 18	0.04455	0.01891	
1.05	40.000	46 32	0.03813	0.01568	
1.04	50.000	44 4	0.03139	0.01249	
1.03	66.666	41 4	0.02459	0.00932	
1.02	100.000	38 12	0.01691	0.00618	
1.01	200.000	32 36	0.00889	0.00308	
1.00	Infini.	0 00	0.00009	0.00000	

Observations sur la table précédente, et usage de cette table.

R, rayon de l'extrados;

r, rayon de l'intrados;

C, rapport de la poussée horizontale maximum agissant à la clef au carré du rayon r.

Pour obtenir la valeur de la poussée horizontale en kilogrammes, par mètre courant de longueur de voûte, il suffit de multiplier le produit Cr^2 par le poids d'un mètre cube de maçonnerie, qui est ordinairement de 2250 kilogrammes pour le moellon.

L'auteur de cette table remarque que la rupture des voûtes en plein cintre à extrados parallèle n'a lieu que par rotation à l'intérieur, autour d'un joint des reins ou par glissement à l'intérieur sur un des joints.

Les valeurs du rapport C sont calculées, dans les cas du glissement, en supposant le coefficient du frottement égal à 0,577; c'est la valeur donnée par Rondelet pour des parallélipipèdes en pierre de liais, équarris et dressés au grès, glissant sur un plan de même pierre et dressé de même. De ses expériences, Boistard conclut qu'il faut faire ce coefficient égal à 0,76 pour la maçonnerie.

L'examen des valeurs de C fait voir que, dès que le rapport $\frac{R}{r} = 1,44$, la poussée horizontale devient plus faible pour le cas du glissement que pour celui de la rotation; par conséquent, pour les voûtes donnant $\frac{R}{r}$ supérieur à 1,44, on adoptera les valeurs de C dues au glissement; pour les valeurs de $\frac{R}{r}$ de 1,44 et au-dessous, on adoptera les valeurs de C dues à la rotation. Un interligne horizontal, placé dans les colonnes de la table, indique la limite où l'une des valeurs de C commence à surpasser l'autre.

L'épaisseur-limite du pied-droit, dont il est question dans la 6e colonne de la table, est l'épaisseur qu'il faudrait adopter si la hauteur du pied-droit était infinie. Dans les cas ordinaires de la pratique, quand on n'a pas besoin d'une très grande stabilité, on peut réduire cette épaisseur-limite de 1/10 environ.

Soit à déterminer, par exemple, l'épaisseur-limite à donner aux pieds-droits d'une voûte à extrados parallèle, de 5 mètres de diamètre, en faisant usage de la table précédente.

On commence par déterminer l'épaisseur de la voûte d'après la formule de Perronnet (voir plus haut), ce qui donne :

$$e = 0,0347d + 0,325 = 0,0347 \times 5 + 0,325 = 0^m,498.$$

On a donc : $r = 2^m,50$, $R = 2^m,998$, et par suite,

$$\frac{R}{r} = 1,20.$$

Ce rapport étant moindre que 1,44, la poussée par rotation est supérieure à celle par glissement, et on doit prendre

$$C = 0,11140.$$

La poussée par mètre courant est alors

$$0,11140 \times r^2 \times 2250 = 0,11140 \times 2,50 \times 2,50 \times 2250 = 1566 \text{ kilogr.}$$

L'épaisseur-limite des pieds-droits est, en adoptant la stabilité de Lahire,

$$\sqrt{2C} \times r = 0,6504 \times 2,50 = 1^m,626.$$

Si les pieds-droits, au lieu d'être supposés avoir une hauteur infinie, n'avaient que 3 mètres de hauteur, on pourrait, d'après une application d'une formule de M. Petit, réduire l'épaisseur $1^m,626$ à $1^m,457$.

2° *Table des angles de rupture, des poussées et des épaisseurs-limites des pieds-droits des voûtes en plein cintre extradossées en chape à 45°. Ce sont les voûtes en plein cintre extradossées parallèlement, mais couvertes d'une chape de maçonnerie dont le plan supérieur est incliné à 45° à l'horizon, et tangent à l'extrados de la voûte.*

Valeur du rapport $\frac{R}{r}$	Rapport du diamètre à l'épaisseur	Valeur de l'angle de rupture	Rapport C de la poussée au carré du rayon r de l'intrados.		Rapport $\sqrt{2C}$ de l'épaisseur-limite du pied-droit au rayon de l'intrados, *stabilité de Vauban.*
			Cas de la rotation.	Cas du glissement	
2.00	2.000	60°	0.26424	0.74361	1.7246
1.90	2.222	60	0.28416	0.65648	1.6204
1.80	2.500	60	0.29907	0.57383	1.5147
1.70	2.857	60	0.30867	0.49564	1.4081
1.60	3.333	60	0.31245	0.42191	1.2990
1.59	3.389	60	0.31249	0.41478	1.2880
1.58	3.448	60	0.31257	0.40841	1.2781
1.57	3.508	61	0.31264	0.40067	1.2660
1.56	3.571	61	0.31246	0.39367	1.2548
1.55	3.636	61	0.31222	0.38673	1.2437

Valeur du rapport $\frac{R}{r}$	Rapport du diamètre à l'épaisseur	Valeur de l'angle de rupture	Rapport C de la poussée au carré du rayon r de l'intrados. Cas de la rotation.	Rapport C de la poussée au carré du rayon r de l'intrados. Cas du glissement	Rapport $\sqrt{2C}$ de l'épaisseur-limite du pied-droit au rayon de l'intrados, *stabilité de Vauban.*
1.54	3.703	61°	0.31191	0.37983	1.2318
1.53	3.773	61	0.31153	0.37297	1.2214
1.52	3.846	61	0.31108	0.36615	1.2102
1.51	3.920	61	0.31056	0.35938	1.1989
1.50	4.000	61	0.30996	0.35266	1.1877
1.49	4.081	61	0.30928	0.34598	1.1764
1.48	4.166	61	0.30855	0.33934	1.1650
1.47	4.255	61	0.30772	0.33275	1.1537
1.46	4.347	60	0.30685	0.32621	1.1422
1.45	4.444	60	0.30587	0.31971	1.1308
1.44	4.545	60	0.30485	0.31325	1.1193
1.43	4.651	60	0.30408	0.30684	1.1078
1.42	4.761	60	0.30296	0.30047	1.1008
1.41	4.878	60	0.30173		1.0986
1.40	5.000	59	0.30001	0.28787	1.0954
1.39	5.128	59	0.29712		1.0914
1.38	5.263	59	0.29706		1.0893
1.37	5.406	59	0.29550		1.0872
1.36	5.555	59	0.29386		1.0841
1.35	5.714	58	0.29285		1.0823
1.34	5.882	58	0.29037		1.0777
1.33	6.060	58	0.28850		1.0742
1.32	6.264	58	0.28654		1.0705
1.31	6.451	57	0.28456		1.0668
1.30	6.666	57	0.28231	0.22756	1.0626
1.29	6.896	57	0.28027		1.0588
1.28	7.142	56	0.27840		1.0547
1.27	7.407	56	0.27578		1.0503
1.26	7.692	55	0.27343		1.0458
1.25	8.000	54	0.27102		1.0412
1.24	8.333	53	0.26850		1.0363
1.23	8.695	53	0.26608		1.0316
1.22	9.090	52	0.26377		1.0272
1.21	9.523	51	0.26074		1.0217
1.20	10.000	50	0.25806	0.17171	1.0160
1.19	10.526	50	0.25546		1.0109
1.18	11.111	49	0.25277		1.0045
1.17	11.764	49	0.25010		1.0002
1.16	12.500	48	0.24742		0.9948
1.15	13.333	47	0.24477		0.9894
1.14	14.285	46	0.24218		0.9842
1.13	15.384	44	0.23967		0.9791
1.12	16.666	43	0.23732		0.9743
1.11	18.181	43	0.23502		0.9695
1.10	20.000	42	0.23292	0.12032	0.9652
1.05	40.000	36	0.22902		0,9571

Les observations de la table 1° s'appliquent également à celle-ci ; et pour déterminer l'épaisseur-limite des pieds-droits on suit également la même marche : ainsi, on commence par déterminer l'épaisseur de la voûte extradossée parallèlement, à l'aide de la formule de Perronnet ; on a alors $\frac{R}{r}$; le tableau donne la valeur de C qui correspond à ce rapport ; et de cette valeur de C on conclut la poussée horizontale, ainsi que l'épaisseur-limite des pieds-droits. En opérant de cette manière, on trouverait, pour une voûte de 8 mètres de diamètre à l'intrados,

$$e = 0^m,6026,\ \frac{R}{r} = 1,15\ ;\ C = 0,24477.$$

La poussée horizontale par mètre courant est,

$$0,24477 \times r^2 \times 2250 = 8811 \text{ kilogr.},$$

et l'épaisseur-limite des pieds-droits est, en adoptant la stabilité de Vauban,

$$\sqrt{2C} \times r = 0,9894 \times r = 3^m,9576.$$

Les pieds-droits ayant 5 mètres de hauteur, on pourrait prendre pour leur épaisseur $3^m,676$.

3° *Table des angles de rupture, des poussées et des épaisseurs-limites des pieds-droits des voûtes en plein cintre extradossées horizontalement Ce sont des voûtes en plein cintre extradossées parallèlement, et couvertes d'un massif de maçonnerie dont le plan supérieur est horizontal et tangent à l'extrados de la voûte.*

Valeur du rapport $\frac{R}{r}$	Rapport du diamètre à l'épaisseur	Valeur de l'angle de rupture	Rapport C de la poussée au carré du rayon r de l'intrados. Cas de la rotation.	Rapport C de la poussée au carré du rayon r de l'intrados. Cas du glissement	Rapport $\sqrt{2C}$ de l'épaisseur-limite du pied-droit au rayon de l'intrados, *stabilité de Lahire.*
2.00	2.000	36°	0.05486	0.50358	1.3834
1.90	2.222	39	0.07101	0.43966	1.2925
1.80	2.500	44	0.08850	0.37904	1.2001
1.70	2.857	48	0.10631	0.32164	1.1055
1.60	3.333	52	0.12300	0.26755	0.0082
1.59	3.389	52	0.12453	0.26232	0.9984
1.58	3.448	53	0.12602	0.25712	0.9885
1.57	3.508	53	0.12747	0.25196	0.9784
1.56	3.571	54	0.12837	0.24683	0.9684
1.55	3.636	54	0.13027	0.24173	0.9584
1.54	3.703	55	0.13153	0.23667	0.9483
1.53	3.773	55	0.13289	0.23163	0.9381
1.52	3.846	55	0.13414	0.22664	0.9280
1.51	3.920	55	0.13531	0.22167	0.9177
1.50	4.000	56	0.13648	0.21673	0.9075
1.49	4.081	56	0.13756	0.21183	0.8972
1.48	4.166	56	0.13856	0.20696	0.8868
1.47	4.255	57	0.13952	0.20213	0.8764
1.46	4.347	57	0.14041	0.19733	0.8659
1.45	4.444	57	0.14122	0.19256	0.8554
1.44	4.545	58	0.14195	0.18782	0.8448
1.43	4.651	58	0.14268	0.18312	0.8341
1.42	4.761	58	0.14311	0.17845	0.8234
1.41	4.878	59	0.14376	0.17381	0.8126
1.40	5.000	59	0.14421	0.16920	0.8018
1.39	5.128	59	0.14456	0.16463	0.7909
1.38	5.263	59	0.14481	0.16009	0.7799
1.37	5.406	60	0.14498	0.15558	0.7689
1.36	5.555	60	0.14506	0.15111	0.7577
1.35	5.714	60	0.14504	0.14666	0.7465
1.34	5.882	60	0.14491	0.14225	0.7420
1.33	6.060	61	0.14467		0.7414
1.32	6.264	61	0.14460		0.7412
1.31	6.451	61	0.14390		0.7394
1.30	6.666	61	0.14332	0.12495	0.7379
1.29	6.896	61	0.14264		0.7362
1.28	7.142	62	0.14186		0.7342
1.27	7.407	62	0.14101		0.7320
1.26	7.692	62	0.13988		0.7290
1.25	8.000	62	0.13872	0.10405	0.7260
1.24	8.333	62	0.13737		0.7225
1.23	8.695	63	0.13593		0.7187
1.22	9.090	63	0.13437		0.7145
1.21	9.523	63	0.13263		0.7099
1.20	10.000	63	0.13073	0.08397	0.7048
1.19	10.526	63	0.12870		0.6993
1.18	11.111	63	0.12650		0.6933
1.17	11.764	64	0.12415		0.6868

Valeur du rapport $\frac{R}{r}$	Rapport du diamètre à l'épaisseur	Valeur de l'angle de rupture	Rapport C de la poussée au carré du rayon r de l'intrados. Cas de la rotation.	Cas du glissement	Rapport $\sqrt{2C}$ de l'épaisseur-limite du pied-droit au rayon de l'intrados, *stabilité de Lahire.*
1.16	12.500	64°	0.12182		0.6803
1.15	13.333	64	0.11895	0.06471	0.6723
1.14	14.285	64	0.11608		0.6641
1.13	15.384	64	0.11303		0.6553
1.12	16.666	64	0.10979		0.6459
1.11	18.181	65	0.10641		0.6358
1.10	20.000	65	0.10279	0.04627	0.6249
1.09	22.222	66	0.098992		0.6133
1.08	25.000	66	0.094967		0.6007
1.07	28.571	67	0.091189		0.5886
1.06	33.333	68	0.086376		0.5729
1.05	40.000	69	0.081755	0.02865	0.5573
1.04	50.000	70	0.076857		
1.03	66.666	71	0.071853		
1.02	100.000	73	0 066469		
1.01	200.000	74	0.061324		
1.00	Infini.	75	0 055472	0.01185	

Les observations des tables 1° et 2° s'appliquent également à cette dernière, et pour une voûte de 10 mètres de diamètre à l'intrados, la règle de Perronnet donne

$$e = 0^m,672,$$

d'où on conclut : $\frac{R}{r} = 1,13$; $C = 0,11303$; la poussée horizontale par mètre courant est

$$0,11303 \times r^2 \times 2250 = 6359 \text{ kilogr. ;}$$

et l'épaisseur-limite des pieds-droits doit être, en adoptant la stabilité de Lahire,

$$\sqrt{2C} \times r = 0,6553 \times 5 = 3^m,2765.$$

Les pieds-droits ayant une hauteur de 5 mètres, on peut prendre pour leur épaisseur $2^m,8075$.

M. Petit a encore considéré les *voûtes en arc de cercle extradossées parallèlement*. Il convient de distinguer le cas où la moitié α de l'angle au centre, correspondant à l'arc de la voûte, est plus grand que l'angle de rupture donné par la table 1°, col. 3830, pour une voûte en plein cintre extradossée parallèlement et pour une même valeur de $\frac{R}{r}$, et le cas où α est plus petit que cet angle de rupture.

R, rayon de l'extrados ;

r, rayon de l'intrados. Ayant *r*, on détermine l'épaisseur de la voûte à la clef, et par suite R à l'aide de la règle de Perronnet (colonne 3826).

1° Si α est plus grand que l'angle de rupture, la poussée horizontale est la même que si la voûte était en plein cintre avec R et *r* pour rayons, et se calculerait comme au 1° (colonne 3830). Quant à l'épaisseur-limite *e* des pieds-droits, on la calcule à l'aide de la formule

$$E = r\sqrt{3,8C}.$$

C a la valeur consignée table 1°.

Dans les cas ordinaires de la pratique, on peut diminuer de 1/10 cette épaisseur-limite.

2° Si le demi-angle α est plus petit que l'angle de rupture donné table 1°, ce qui a lieu ordinairement en pratique, on calcule le rapport C de la poussée au carré du rayon de l'intrados, à l'aide de la table suivante, relative à sept valeurs différentes de α ; ayant C, on détermine l'épaisseur-limite des pieds-droits à l'aide de la formule

$$E = r\sqrt{3,8C}.$$

Table des poussées des voûtes en arc de cercle extradossées parallèlement (*l* est l'ouverture de la voûte et *f* la flèche).

Valeur du rapport $\frac{R}{r}$	RAPPORT C DE LA POUSSÉE AU CARRÉ DU RAYON *r*, POUR						
	$l = 4f$ $r = 2.500f$ $\alpha = 53°7'30''$	$l = 5f$ $r = 3.625f$ $\alpha = 43°36'10''$	$l = 6f$ $r = 5f$ $\alpha = 36°52'10''$	$l = 7f$ $r = 6.625f$ $\alpha = 31°53'26''$	$l = 8f$ $r = 8.500f$ $\alpha = 28°4'20''$	$l = 10f$ $r = 13f$ $\alpha = 22°37'10''$	$l = 16f$ $r = 32.5f$ $\alpha = 14°15'0''$
1.40	0.15445	0.14691	0.14691	0.14691	0.14691	0.14478	
1.35	0.14717	0.13030	0.12587	0.12587	0.12587	0.12405	
1.34	0.14543	0.12987	0.12171	0.12171	0.12171	0.11999	
1.33	0.44364	0.12781	0.11767	0.11767	0.11767	0.11596	
1.32	0.14173	0.12634	0.11362	0.11362	0.11362	0.11196	
1.31	0.13975	0.12486	0.10959	0.10959	0.10959	0.10800	
1.30	0.13764	0.12331	0.10682	0.10559	0.10559	0.10406	
1.29	0.13543	0.12164	0.10563	0.10163	0.10163	0.10016	
1.28	0.13311	0.11988	0.10437	0.09770	0.09770	0.09628	
1.27	0.13068	0.11803	0.10304	0.09379	0.09379	0.09244	
1.26	0.12815	0.11609	0.10160	0.08992	0.08992	0.08862	
1.25	0.12547	0.11402	0.10009	0.08668	0.08608	0.08483	0.07189
1.24	0.12270	0.11251	0.09850	0.08549	0.08227	0.08108	0.06862
1.23	0.12031	0.10958	0.09679	0.08423	0.07849	0.07735	0.06547
1.22	0.11675	0.10725	0.09499	0.08291	0.07474	0.07366	0.06234
1.21	0.11354	0.10460	0.09305	0.08148	0.07102	0.06999	0.05924
1.20	0.11023	0.10196	0.09102	0.07999	0.06981	0.06636	0.05616
1.19	0.10676	0.09915	0.08885	0.07834	0.06859	0.06275	0.05311
1.18	0.10313	0.09617	0.08653	0.07651	0.06727	0.05918	0.05008
1.17	0.09934	0.09303	0.08408	0.07468	0.06583	0.05212	0.04709
1.16	0.09537	0.08975	0.08144	0.07264	0.06420	0.05004	0.04411
1.15	0.09123	0.08634	0.07866	0.07050	0.06259	0.04904	0.04116
1.14	0.08690	0.08257	0.07568	0.06812	0.06077	0.04803	0.03824
1.13	0.08238	0.07869	0.07251	0.06558	0.05890	0.04671	0.03531

Valeur du rapport $\frac{R}{r}$	RAPPORT C DE LA POUSSÉE AU CARRÉ DU RAYON r, POUR						
	$l=4f$ $r=2{,}500f$ $\alpha=53°7'30''$	$l=5f$ $r=3.625f$ $\alpha=43°36'10''$	$l=6f$ $r=5f$ $\alpha=36°52'10''$	$l=7f$ $r=6.625f$ $\alpha=31°53'26''$	$l=8r$ $r=8.500f$ $\alpha=28°4'20''$	$l=10f$ $r=13f$ $\alpha=22°37'10''$	$l=16f$ $r=32.5f$ $\alpha=14°15'0''$
1.12	0.07764	0.07459	0.06911	0.06297	0.05659	0 04451	0.03247
1.11	0.07269	0.07042	0.06548	0.06026	0.05421	0.04384	0.02962
1.10	0.06737	0.06563	0.06158	0.05666	0.05160	0.04214	0.02681
1.09	0.06211	0.06077	0.05739	0.05345	0.04871	0.04023	0.02401
1.08	0.05636	0.05652	0.05288	0.04934	0.04552	0.03806	0.02192
1.07	0.05052	0.05011	0.04804	0.04426	0.04200	0.03560	0.02111
1.06	0.04431	0.04428	0.04280	0.04058	0.03861	0.03276	0.02002
1.05	0.03776	0.03804	0.03709	0.03550	0.03357	0.02944	0.01882
1.04	0.03096	0.03144	0.03095	0.02992	0.02862	0.02561	0.01720
1.03	0.02378	0.02437	0.02424	0.02369	0.02293	0.02131	0.01524
1.02	0.01625	0.01681	0.01690	0.01673	0.01640	0.01546	0.01199
1.01	0.00834	0.00871	0.00886	0.00889	0.00885	0.00862	0.00747

Pour une voûte extradossée parallèlement, dont $\alpha = 28°4'20''$, $l = 8f = 8$ mètres, et $r = 8{,}5f = 8^m{,}5$, la formule de Perronnet donne pour épaisseur de la voûte à la clef :

$$e = 0^m{,}915, \text{ d'où } R = 9^m415, \text{ et } \frac{R}{r} = 1{,}107.$$

Le rapport 1.107 tombant entre les valeurs 1.10 et 1.11 du tableau, la différence de la valeur de C correspondant à 1.107 et de la valeur correspondant à 1.11 se détermine à l'aide de la proportion :

$1{,}11 - 1{,}10 : 0{,}05421 - 0{,}05160 :: 1{,}11 - 1{,}107 : x$, d'où $x = 0.000\,783$, et par suite $C = 0.054\,21 - 0.000\,783 = 0.053\,43$.

L'épaisseur limite des pieds-droits est alors

$$E = 8{,}5\sqrt{3{,}8 \times 0{,}05343} = 3^m{,}825$$

Pour une hauteur de pieds-droits de $4^m{,}25$, on pourrait faire $E = 3^m{,}244$.

Glissement des voûtes en arc de cercle sur les joints de leurs naissances. Le frottement par mètre courant de la voûte sur le joint de chaque naissance a pour expression, en adoptant ici 0.76 pour coefficient de frottement,

$$0{,}38\alpha\left(\frac{R^2}{r^2} - 1\right) r^2 \times 2250 \text{ kilogr.}$$

α est le demi-arc, exprimé en mètres, correspondant à l'angle au centre qui correspond à l'arc de la voûte, l'arc α étant décrit avec un mètre pour rayon : ainsi pour un angle au centre de 25°, on a $\alpha = \frac{25 \times 2 \times 3.14}{360} = 0^m{,}436$.

La poussée horizontale par mètre courant est, en adoptant pour C la valeur consignée au tableau précédent :

$$Cr^2 \times 2250 \text{ kilogr.}$$

Pour le système $l = 4f$, la poussée surpasse le frottement quand $\frac{R}{r}$ est égal ou inférieur à 1.06. Pour les systèmes $l = 5f$, $l = 6f$, $l = 7f$, $l = 8f$ et $l = 10f$, le glissement commence à $\frac{R}{r} = 1{,}15$. Pour le système $l = 16f$ et pour tous les systèmes plus surbaissés, le glissement a lieu, quelle que soit l'épaisseur de la voûte.

Lorsque la poussée dépasse le frottement, il faut employer des tirants, arcs-boutants, etc., capables de résister à l'excès de la poussée sur le frottement

Pour les voûtes en anse de panier, on calculera l'épaisseur à donner aux pieds-droits, comme pour une voûte en arc de cercle de même ouverture et de même flèche.

THÉORIE DE M. YVON VILLARCEAU.

Après avoir passé en revue les divers moyens principaux mis en usage jusqu'à ce jour pour déterminer les dimensions des voûtes, il nous reste à donner une idée de la nouvelle théorie de M. Yvon Villarceau, et à exposer les méthodes pratiques, tant graphiques que par le calcul, que ce savant a conclues de sa théorie pour déterminer les formes et les dimensions à donner à des voûtes devant satisfaire à des conditions voulues.

Ce qui suit est extrait d'un travail publié par M. Yvon Villarceau dans la *Revue de l'architecture et des travaux publics*, publiée sous la direction de M. César Daly, et de mémoires ayant reçu l'approbation la plus flatteuse de la part de l'Académie des Sciences.

Comme le fait voir ce qui a déjà été exposé dans cet article, avant M. Yvon Villarceau, les ingénieurs et les architectes qui s'étaient occupés de la théorie si délicate des voûtes, supposant connues les formes de l'intrados et de l'extrados, avaient cherché les conditions d'équilibre que ces formes exigeaient, afin d'en conclure le mode de répartition des charges le plus favorable à la stabilité. La pratique exigeant une répartition de charges assez rigoureusement déterminée, on conçoit les difficultés que l'on doit éprouver pour satisfaire le plus convenablement possible aux conditions de stabilité d'une voûte ; aussi ces conditions étaient-elles rarement satisfaites d'une manière rigoureuse, même en ayant égard aux latitudes que permet la pratique.

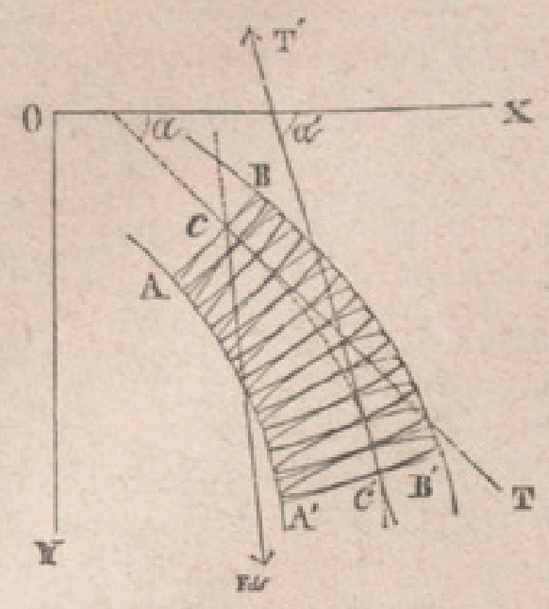
M. Yvon Villarceau, pour arriver à satisfaire d'une manière certaine, et la plus convenable, aux conditions d'équilibre, envisage la question sous un point de vue tout différent : ainsi, prenant précisément pour inconnues les données de la théorie habituelle, il se propose de rechercher les formes d'intrados et d'extrados qui assureront la plus grande stabilité d'une voûte destinée à supporter des charges dont les intensités et le mode de répartition sont fixés d'avance par les exigences de la pratique ; et cela, tout en fixant, *à priori*, la flèche et l'ouverture de l'arche. C'est ainsi que le problème se présente ordinairement dans la pratique.

Pour établir ses conditions d'équilibre, M. Yvon Villarceau fait deux hypothèses :

D'abord, il imagine que, sans altérer en rien le poids des voussoirs et la position de leurs centres de gravité (cette position suppose les voussoirs infiniment minces et les plans de joints normaux à la courbe cc' passant par les centres de gravité de ces voussoirs), on leur donne la forme indiquée par la fig. 2562, c'est-à-dire

VOUTES.

qu'on les taille de telle manière qu'ils ne soient en contact que suivant les arêtes ou génératrices qui ont leurs pieds sur la courbe cc' des centres de gravité les voussoirs.



2562.

Ensuite il fait abstraction des frottements et de la résistance qu'oppose l'adhésion des mortiers au glissement des voussoirs les uns sur les autres, qui du reste ne se développent pas en se conformant aux dispositions indiquées par la théorie.

Il est évident que si l'équilibre peut exister dans un système établi suivant ces hypothèses, il existera *à fortiori* lorsque l'on remplacera le contact de deux arêtes par celui de deux plans de joint, et que l'adhésion des mortiers ainsi que le frottement pourront prendre naissance, le rôle de ces dernières forces étant de s'opposer au glissement, quand il tend à se produire.

Seulement, il faut remarquer que la pression T, qui se répartirait également sur tous les points du plan de joint, dans le cas où elle passerait par le centre de gravité de ce joint, ne se partagera pas également entre tous ses points, à cause que les centres de gravité des faces des voussoirs ne se trouvent pas sur la courbe cc', mais se projettent sur les points milieux de l'épaisseur de la voûte. Les centres de gravité des volumes des voussoirs se projetant plus près de l'extrados que ceux des faces de joint, on voit que lorsqu'on remplacera les arêtes de contact par les faces de joint, la pression par unité de surface sera plus grande vers l'extrados que vers l'intrados. Mais les distances des points de la courbe cc' aux points milieux des épaisseurs qui leur correspondent étant très petites, on peut généralement ne pas tenir compte de cette inégale répartition des pressions; la pression maximum ne différera que très peu de la pression moyenne. D'ailleurs il suffira, pour faire disparaître cette inégalité, de *refouiller* le joint à l'intrados, à une profondeur très petite, et telle que la courbe des centres de gravité cc' passe par le milieu du joint réel; en pratique, cette précaution est négligeable.

Il y a un grand avantage à ce que la résultante des pressions passe très près du milieu de l'épaisseur, et soit en même temps normale au plan de joint; car si la voûte est soumise accidentellement à des charges auxquelles on n'aura point eu égard en fixant les conditions de son établissement, l'action de celles-ci sera, tant que l'équilibre pourra subsister, de déplacer le point d'application de la résultante des pressions, en faisant varier son intensité et sa direction. Or, pour que cette résultante puisse se déplacer dans un sens ou dans l'autre, sans trop se rapprocher de l'extrados ou de l'intrados, ni trop s'écarter de la direction de la normale, il est évident qu'elle doit passer par le milieu de l'épaisseur et être normale au joint lorsque les surcharges dont il s'agit n'ont pas lieu, c'est-à-dire, lorsque la voûte est seulement soumise à l'action des forces qu'on a fait entrer dans le calcul de son établissement.

Cela posé, considérons l'équilibre d'une portion quelconque cc' de voussoirs du système de la fig. 2562, soient x, y, et x', y', les coordonnées de c et c'.

Les forces extérieures à ce système sont :

T, pression agissant en c.

T', pression agissant en c'.

dP, les poids des voussoirs.

Fds, les autres forces extérieures qui agissent sur les divers points du système et passant par les centres de gravité des voussoirs.

Ces diverses forces étant dans un même plan, trois des six conditions d'équilibre d'un système solide sont satisfaites, et il ne reste qu'à appliquer les trois autres.

Deux de ces équations expriment que la somme des projections des forces extérieures sur chacun des axes X, Y est nulle.

La troisième exprime que la somme des moments de ces forces ou de leurs composantes, par rapport à un troisième axe perpendiculaire aux deux premiers, est également nulle.

L'indice x ou y employé dans les formules suivantes indique, par exemple, que F_x est la projection de la force F sur l'axe des x, et F_y celle de F sur l'axe des y.

En égalant à zéro la somme des projections des forces extérieures sur l'axe des x, et observant que celle de la somme des poids dP est nulle, il vient

$$T\cos.\alpha - T'\cos.\alpha' + \int_x^{x'} F_x\,ds = 0. \qquad (1)$$

En projetant ces forces sur l'axe des y, et égalant la somme des projections à zéro, on obtient

$$T\sin.\alpha - T'\sin.\alpha' + \int_x^{x'} F_y\,ds + \int_x^{x'} dP = 0. \quad (2)$$

En faisant la somme des moments par rapport à un axe perpendiculaire au plan des $x\,y$, et passant par l'origine O, puis l'égalant à zéro, on obtient cette dernière condition

$$x\,T\sin.\alpha - x'\,T'\sin.\alpha' - (y\,T\cos.\alpha - y'\,T'\cos.\alpha')$$
$$+ \int_x^{x'} xF_y\,ds - \int_x^{x'} yF_x\,ds - \int_x^{x'} x\,dP = 0. \quad (3)$$

Or, remarquons que ces équations devant avoir lieu pour un intervalle quelconque cc', compté sur la courbe des centres de gravité, auront encore lieu lorsque cet intervalle sera infiniment petit et égal à ds. Dans ce cas x' deviendra $x + dx$, et les quantités α' et T', qui sont des fonctions de x', deviendront $\alpha + d\alpha$, et $T + dT$, de telle sorte que l'on aura

$$T'\cos.\alpha' - T\cos.\alpha = (T+dT)\cos.(\alpha+d\alpha) - T\cos.\alpha$$
$$= d(T\cos.\alpha),$$

et de même

$$T'\sin.\alpha' - T\sin.\alpha = d(T\sin.\alpha),$$

tandis que les intégrales contenues dans ces mêmes équations se réduiront à un de leurs éléments. En supposant donc l'intervalle cc' infiniment petit, et ayant égard aux remarques précédentes, les équations d'équilibre (1) et (2) deviennent :

$$d(T\cos.\alpha) = F_x\,ds \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$
$$d(T\sin.\alpha) = F_y\,ds. + dP \quad . \quad (5)$$

Quant à l'équation (3), elle prend une forme telle qu'il est facile de voir qu'elle est une conséquence des équations (4) et (5).

Ces deux dernières équations étant applicables à un élément quelconque de la voûte, expriment donc les conditions nécessaires et suffisantes pour assurer l'équilibre du système.

Appelant :

ε, l'épaisseur AB de la voûte au point dont les coordonnés sont x et y (fig. 2562);

t, la pression moyenne sur la face AB, lorsque les surfaces de contact sont rétablies; d'après la remarque col. 3839, la pression maximum par unité superficielle différera peu de t dans le joint AB, et nous aurons $T = \lambda\varepsilon t$;

λ, dimension du joint, parallèlement à l'axe de la voûte;

ω, le poids de l'unité de volume des matériaux dont est construite la voûte;

j, la largeur du voussoir, mesurée suivant la courbe passant par les milieux des épaisseurs des voussoirs, et différant très peu de la largeur mesurée suivant la courbe cc' des centres de gravité;

ρ, le rayon de courbure de cc';

δ, la distance de la courbe cc' au milieu de l'épaisseur de la voûte;

2δ. la profondeur du refouillement des joints;

s, la longueur de la courbe cc', et ds celle de son élément;

$$\mu = \frac{t}{\omega}.$$

On a :

$$T = \lambda \varepsilon t$$

$$T\cos.\alpha = \lambda \varepsilon t \frac{dx}{ds}$$

$$T\sin.\alpha = \lambda \varepsilon t \frac{dy}{ds}$$

$$dP = \omega \lambda \varepsilon j = \omega \lambda \varepsilon ds \left(1 - \frac{\delta}{\rho}\right). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

d'où il résulte, pour équations d'équilibre, en substituant ces valeurs dans les équations (4) et (5), et divisant tout par λ :

$$\left.\begin{aligned} d\left(\varepsilon t \frac{dx}{ds}\right) &= \frac{F_x ds}{\lambda} \\ d\left(\varepsilon t \frac{dy}{ds}\right) &= \frac{F_y ds}{\lambda} + \omega \varepsilon \left(1 - \frac{\delta}{\rho}\right) ds \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

On a aussi :

$$1 - \frac{\delta}{\rho} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{1 - \frac{1}{3}\frac{\varepsilon^2}{\rho^2}} \quad . \quad . \quad (8)$$

d'où : $$\frac{\varepsilon}{\rho} = \sqrt{12\frac{\delta}{\rho}\left(1 - \frac{\delta}{\rho}\right)} \quad . \quad . \quad (8\ bis)$$

et : $$\frac{\delta}{\rho} = \frac{\frac{1}{12}\frac{\varepsilon^2}{\rho^2}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{1 - \frac{1}{3}\frac{\varepsilon^2}{\rho^2}}} \quad . \quad . \quad (9)$$

formule de laquelle on tire, pour valeur approchée aux quantités près du 4e ordre,

$$\frac{\delta}{\rho} = \frac{1}{12}\frac{\varepsilon^2}{\rho^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9\ bis)$$

ce qui confirme ce qui a été avancé sur la petitesse de la distance de cc' au milieu de l'épaisseur de la voûte.

Les équations (7) servent de base à la discussion des diverses questions que peut présenter la théorie des voûtes.

Questions à résoudre.

Les équations (7) contiennent, outre la variable x, que l'on peut prendre pour variable indépendante, les variables y, ε, t, F_x, F_y, qui sont des fonctions connues ou inconnues de x. Or, ces cinq quantités ne sont liées entre elles que par deux équations : on peut donc en donner arbitrairement trois d'entre elles, et les équations serviront à faire connaître les deux autres. Toutefois, on observe que les deux variables F_x et F_y, n'équivalent qu'à une seule, la force F, qu'on ne peut assigner sans fixer à la fois son intensité et sa direction, c'est-à-dire sans fixer à la fois ses deux composantes F_x F_y.

On réduit donc à 4 le nombre des fonctions de x que contiennent les équations (7). Ces quantités y, ε, t, F, peuvent former entre elles $\frac{4(4-1)}{1.2} = 6$ combinaisons deux à deux, d'où il résulte que l'on pourra se donner deux de ces quantités de six manières différentes, et que les équations (7) fourniront les deux autres.

On voit qu'on pourra résoudre, à l'aide des équations (7), six séries de questions qu'on peut écrire analytiquement, étant donnés :

t et F, ε et F, y et F, y et ε, y et t, ε et t.

Trouver respectivement :

y et ε, y et t, ε et t, t et F, ε et F, y et F.

Il est à remarquer que les trois premières questions sont déterminées, parce qu'on suppose F donnée d'intensité et de direction en fonction de x, et qu'il reste à déterminer, dans chaque cas, deux inconnues au moyen de deux équations.

Les trois derniers problèmes sont indéterminés, sous la forme donnée ici à leur énoncé, parce que la force F représente deux inconnues : F_x, F_y, et qu'il y aurait à déterminer les valeurs de trois inconnues au moyen de deux équations; on devra donc, en outre, se donner la direction de F, ou l'une de ses composantes, dans chacun de ces trois derniers cas.

M. Yvon Villarceau fait remarquer que les données que l'on voudra choisir dans le tableau précédent pouvant être établies d'une manière quelconque en fonction de x, on conçoit que chacun des six cas présentés peut lui-même donner lieu à une infinité de questions.

Nous ne pouvons ici entrer dans les développements analytiques qu'entraîne cette théorie.

Disons seulement qu'après avoir établi les équations différentielles ci-dessus, l'auteur les intègre pour le cas où l'on supposerait les forces extérieures nulles, et la pression ou tension moyenne constante et égale à celle de la limite de charge que les matériaux de la voûte peuvent supporter d'une manière permanente; cela lui fait connaître la loi des épaisseurs croissantes de la voûte à partir du sommet où elle reste entièrement arbitraire et doit être, en conséquence, déterminée par l'usage seul des constructeurs, jusqu'à la naissance de cette voûte, supposée reposer sur un coussinet inébranlable et dont l'inclinaison est fixée par les données mêmes du calcul, aussi bien que la ligne des centres de gravité, exprimée par une équation transcendante d'une forme très simple et qui permet de tracer rapidement les courbes d'intrados et d'extrados de la voûte.

Les résultats de cette analyse sont ensuite appliqués par l'auteur, au cas d'une voûte non chargée, puis aux voûtes ou arches de pont dont le bandeau est surmonté, à l'ordinaire, d'un tympan ou surcharge en maçonnerie, en terre, etc., limitée à un plan supérieur horizontal. M. Yvon remarque que la pression exercée par une telle surcharge sur l'extrados de la voûte peut varier avec la nature de la construction adoptée, et offre une véritable indétermination, puisque sa valeur dans certains cas, peut acquérir une intensité comparable à celle d'un liquide d'une densité égale à la densité moyenne de la surcharge, tandis qu'elle serait à peu près nulle dans le cas d'un système en pierres de taille formant au-dessus de cette voûte un véritable arc boutement par les dimensions ou le mode de superposition de ces pierres. Ainsi Rondelet énonce comme un résultat de l'expérience, que cinq ou six assises en pierres de taille, superposées à une voûte en plein cintre, suffisent non-seulement pour la décharger du poids des constructions supérieures, mais aussi pour annuler complétement sa poussée horizontale.

Dans un récent travail, M. Yvon Villarceau a réduit en tables les résultats qui ne se déduisent qu'avec difficulté de ses formules fondamentales. A l'aide de ces tables et de quelques formules empiriques, les praticiens peuvent appliquer ces recherches aux constructions. Il

a lui-même fait l'application de sa théorie à un certain nombre d'arches en anse de panier des ponts les plus célèbres qui existent, a reconnu que toutes pèchent plus ou moins gravement contre l'emploi économique des matériaux et contre le rapport qui doit exister entre la flèche et l'ouverture. Ce rapport, comme nous l'avons déjà dit ci-dessus, doit, pour les voûtes en anse de panier, rester compris entre 1/3 et 1/4, et ne jamais atteindre ni l'une ni l'autre de ces limites, comme on l'a presque toujours fait jusqu'à présent; il doit se rapprocher du 1/3 dans les arches d'une faible ouverture et du 1/4 dans celles à grande portée. Au 1/4, les pierres ne sont plus assez résistantes; au 1/3, les épaisseurs fournies par la théorie devraient, pour satisfaire à toutes les conditions qu'on s'est imposées, recevoir des valeurs considérables, et les pressions dans les joints seraient faibles, ce qui impliquerait un vice d'économie dans l'emploi des matériaux. La forme de plein cintre répond à des charges infiniment grandes, et ne convient par conséquent pas aux arches de ponts. Celle des tunnels s'en rapproche au contraire en raison des charges considérables que leurs voûtes ont à supporter.

M. Yvon Villarceau a reconnu que dans la plupart de nos grands ponts on aurait pu réduire d'un tiers environ l'épaisseur des voûtes qui ont été surbaissées au 1/3, sans faire subir aux voussoirs des pressions excédant le dixième, ou même le quinzième des charges de rupture, et cela, en diminuant convenablement la flèche, ce qui eût permis d'exhausser les naissances sans changer le niveau du pavé de la chaussée. Cet exhaussement, joint à la réduction de l'épaisseur à la clef, eût offert au passage des eaux un débouché plus considérable, en même temps qu'il eût facilité la navigation.

M. Yvon Villarceau a calculé tous les éléments de trois arches différentes : l'une, dite en arc de cercle, établie sur les données du pont d'Iéna, c'est-à-dire ayant 25 mètres d'ouverture et 3 mètres de flèche; une seconde, aussi dite en arc de cercle, de 45 mètres d'ouverture et 5 mètres de flèche; la troisième, en anse de panier, de 60 mètres d'ouverture et 16m,25 de flèche. L'épaisseur de 1m,86 et la pression horizontale à la clef seraient les mêmes dans la voûte en anse de panier de 60 mètres d'ouverture que dans celle dite en arc de cercle de 45 mètres. La pression dans le joint des naissances serait représentée par une colonne de pierre de 112 mètres de hauteur, ce qui est bien inférieur au dixième de la charge de rupture de matériaux d'excellente qualité, qu'on emploie dans ces sortes de constructions. Une telle arche serait la plus hardie qui eût jamais été construite de main d'homme.

Au pont d'Iéna, la distance maximum de l'intrados théorique à l'arc de cercle qui existe, et qui a même ouverture et même flèche, est de 14 centimètres; ce maximum a lieu à une distance horizontale de l'axe de la voûte égale aux 7/10 de la demi-ouverture. Dans l'arche de 45 mètres, l'écart maximum de l'arc de cercle au-dessous de l'intrados théorique est de 30 centimètres, et comme dans le cas précédent et dans le suivant il se trouve encore aux 7/10 de la demi-ouverture à partir de l'axe de la voûte. Dans la voûte en anse de panier de 60 mètres d'ouverture, le plus grand écart, entre l'intrados théorique et l'ellipse qui a pour grand axe l'ouverture de l'arche et pour demi-petit axe la flèche, est de 40 centimètres.

Il est à souhaiter, dit M. Lamé dans son rapport à l'Académie, que le système de voûte imaginé par M. Yvon Villarceau soit adopté et exécuté dans quelque construction importante. Il est facile de détruire ici les objections qui accueillent d'ordinaire toute idée neuve dans l'art des constructions. Sans doute la forme de voûte proposée est moins simple que la ligne circulaire exclusivement adoptée jusqu'ici; mais on peut s'assurer, en regardant les tracés des nouvelles arches, que leur forme n'a rien de disgracieux, et qu'ils semblent même être à la fois plus hardis et plus sûrs que tout autre tracé.

Il est clair que lors du décintrement et du chargement des arches, la compressibilité des voussoirs et des mortiers produira une déformation, et amènera une nouvelle distribution des pressions sur les surfaces de joint; mais d'abord les altérations de forme peuvent être prévues et rectifiées comme à l'ordinaire, et quant au point d'application de la résultante des pressions, sur chaque joint rectangulaire, il ne pourra s'écarter que de très-peu du milieu de ce joint; tandis que dans les voûtes circulaires, ce point d'application, déjà très-près de l'intrados ou de l'extrados, pour certains points, s'en rapproche encore plus après le décintrement, en sorte que les voussoirs voisins se trouvent soumis à une compression énorme sur une petite étendue de leurs surfaces contiguës. Or, cette différence d'effets, toute à l'avantage du système proposé, constitue en quelque sorte son caractère et son but.

J. CLAUDEL.

WAGON. Voy. CHEMIN DE FER et TERRASSEMENT.

Z

ZINC (*angl.* zinc, *all.* zink). Bien que le zinc soit un métal qui entre dans des alliages que l'on savait préparer depuis une haute antiquité au moyen de ses minerais, il n'est connu à l'état de métal que depuis le siècle dernier, et ce n'est même que depuis peu d'années que son emploi s'est considérablement répandu dans les arts, soit pour la fabrication du fer galvanisé, soit à l'état de feuilles pour les toitures et autres usages, soit dans les objets d'ornements dorés ou non, fabriqués au banc à tirer ou par le moulage. Depuis longtemps on s'en sert pour la fabrication du laiton et autres alliages analogues. Son oxyde commence à être employé au lieu et place de la céruse pour la peinture et la remplacera probablement pour cet usage dans un temps donné; enfin son sulfate est employé en médecine, dans la fabrication de quelques vernis, etc.

Le zinc est un métal d'un blanc bleuâtre, ayant presque la teinte de plomb. Sa texture est cristalline à grandes lames; à froid, il se gerce en même temps qu'il s'aplatit sous le choc du marteau; mais quand il est chauffé de 120 à 150 degrés, il devient très-malléable, et est alors susceptible d'être réduit en feuilles très-minces au laminoir et de s'étirer en fils extrêmement déliés à la filière; à une température plus élevée, de 250 à 300°, il devient cassant au point que l'on peut alors aisément le pulvériser. Il a peu de ténacité et se rompt sous une charge de 4 kilogrammes environ par centimètre carré de section : il est mou, mais moins que le plomb et l'étain, et graisse la lime. Il est peu sonore. Sa dilatation linéaire est de 1/340 de 0 à 100°. Sa densité varie, pour les échantillons du commerce, de 6,9 à 7,2. Il a une odeur et une saveur sensibles quoique faibles. Il fond à 360° et distille à la chaleur blanche. Il s'allie facilement avec la plupart des métaux.

A la température ordinaire le zinc s'altère peu dans

ZINC.

l'air sec, mais dans l'air humide il ne tarde pas à se couvrir d'une couche de sous-oxyde grisâtre qui forme vernis à la surface, de sorte que l'altération marche ensuite avec une lenteur extrême, comme le prouve la durée des feuilles de zinc employées pour toitures. Fondu, il s'oxyde très rapidement à l'air; quand il est très chaud, il s'enflamme comme un bain de graisse; ses vapeurs brûlent dans l'air avec une flamme blanche des plus éclatantes; l'oxyde qui résulte de cette combustion se dépose sur les corps environnants sous la forme de houppes cotonneuses légères du plus beau blanc, ce qui les a fait désigner sous les noms de *laine philosophique*, *fleurs de zinc*, *pompholix*. L'oxyde de zinc en suspension dans l'air sèche la gorge et laisse dans la bouche une saveur sucrée, mais il n'est ni dangereux ni incommode.

Le zinc décompose facilement l'eau à l'aide de la chaleur; au rouge sombre cette action est si vive qu'en jetant de l'eau sur du zinc fondu, il y a explosion. Il est attaquable par les acides les plus faibles, même par les acides organiques et l'acide carbonique. Les alcalis caustiques l'oxydent et le dissolvent également en présence de l'eau. Il résulte de cette grande affinité pour l'oxygène que le zinc métallique réduit un grand nombre d'oxydes métalliques, et même de composés du même ordre, tels que les sulfures, chlorures, etc., par voie sèche et par voie humide.

Oxyde de zinc. L'oxyde de zinc pur est parfaitement blanc; il est inodore, insipide et insoluble dans l'eau; il est également infusible et fixe. Lorsqu'on le chauffe au chalumeau, après l'avoir humecté de nitrate de cobalt, il se colore en vert (*vert de Rinman*) à l'état d'hydrate, il se dissout aisément dans les solutions alcalines caustiques, dans l'ammoniaque et dans le carbonate d'ammoniaque.

L'oxyde de zinc est composé de :

Zinc.	0,80	}	ZnO.
Oxygène. . . .	0,20	}	
	1,00		

Son hydrate renferme 0,1829 ou un équivalent d'eau.

Sels de zinc.

Les sels de zinc sont incolores, presque tous solubles dans l'eau, l'ammoniaque, le carbonate d'ammoniaque et les alcalis caustiques. Ils ne sont pas vénéneux. Ils sont précipités en blanc par les alcalis et leurs carbonates; le précipité est soluble dans les alcalis caustiques, l'ammoniaque et le carbonate d'ammoniaque, et insoluble dans les carbonates alcalins. Ils sont également précipités en blanc par les phosphates, les arséniates, les oxalates et les sulfures alcalins. Le prussiate jaune y forme un précipité blanc insoluble dans les acides, le prussiate rouge un précipité jaune-orangé; les succinates, benzoates et chromates alcalins ne les troublent pas.

Sulfure de zinc. Le sulfure artificiel pur est blanc. Il est à peu près infusible et susceptible de former avec l'oxyde des oxysulfures plus fusibles que le grillage décomposé complétement. La chaleur seule ne l'altère pas; il se grille très aisément. Le charbon le réduit au blanc; il se dégage du sulfure de carbone et le zinc réduit se volatilise. Il est très facilement attaqué par l'acide nitrique, et beaucoup plus difficilement par les acides hydrochlorique et sulfurique. On le prépare en chauffant au blanc du sulfate de zinc anhydre dans un creuset brasqué; on le purifie ensuite en le traitant par de l'acide hydrochlorique, qui dissout tout l'oxyde qu'il pourrait renfermer et seulement très peu de sulfure. Il renferme :

Zinc. . .	0,667	. .	100	}	ZnS
Soufre. .	0,333	.	50	}	
	1,000				

Sulfate de zinc. Le sulfate de zinc, aussi connu sous le nom de *vitriol blanc*, cristallise ordinairement en prismes à quatre pans terminés par des pyramides quadrangulaires; il est soluble dans 4 parties d'eau froide, et fond dans son eau de cristallisation qu'il perd au rouge naissant avec une partie de son acide; il se décompose au blanc avec dégagement d'acide sulfureux. Le charbon le réduit facilement. Il renferme, à l'état anhydre :

Acide sulfurique. .	0,50	}	ZnO, SO^3.
Oxyde de zinc. . .	0,50	}	

Il contient ordinairement 0,365 ou 5 atomes d'eau de cristallisation, mais il peut aussi cristalliser avec 1, 2 et 7 atomes d'eau.

Le sulfate de zinc est employé dans la fabrication de quelques VERNIS pour rendre l'huile de lin siccative, dans l'IMPRESSION SUR ÉTOFFES, et dans la médecine soit comme vomitif (actuellement remplacé par l'émétique), soit contre les ulcérations des gencives, dans le scorbut, etc.

On le prépare en grand, surtout près de Goslar, dans le Hartz, par un grillage à une basse température du sulfure de zinc ou *blende*, lessivant la blende grillée, et faisant évaporer et cristalliser les eaux de lavage. On le trouve dans le commerce en masses cristallines d'un blanc brunâtre contenant encore une notable quantité de sulfate de fer. Pour le purifier, on le dissout dans une faible proportion d'eau chaude, on fait bouillir avec un peu de nitre pour peroxyder le fer, puis on fait bouillir avec de l'oxyde de zinc qui précipite le peroxyde de fer et entre en dissolution à sa place; on filtre chaud et on laisse cristalliser par refroidissement. On peut aussi le préparer directement par la dissolution du métal dans l'acide sulfurique, mais il revient alors à un prix plus élevé.

Chlorure, bromure, iodure de zinc. Ces composés sont tous incolores, déliquescents, très fusibles, volatils et susceptibles d'être distillés au rouge.

Carbonate de zinc. Se trouve dans la nature. Artificiellement on ne parvient qu'à obtenir un hydro-carbonate ou sans carbonate hydraté blanc très léger.

Alliages.

Les principaux alliages de zinc employés dans les arts, sont :

Les alliages de cuivre et zinc, voyez LAITON;

Les alliages de cuivre, plomb et zinc;

Les alliages de zinc et étain, durcis par un peu d'antimoine et qui remplacent avantageusement le bronze pour coussinets, etc., comme étant moins chers, plus durables et grippant moins par le frottement.

Les alliages de cuivre, zinc et nickel, connus sous les noms de *maillechort*, *packfong*, *argentan*, que nous avons décrits à l'article nickel.

Minerais de zinc.

Bien que les minéraux qui renferment du zinc soient assez nombreux, il n'en est que trois qui soient assez abondants dans la nature, et encore l'un d'eux, le silicate, ne peut-il servir à la fabrication du zinc :

Calamine, carbonate de zinc anhydre. La calamine est le plus abondant des minerais de zinc, et, jusqu'à ces dernières années, presque exclusivement le seul employé à la fabrication du zinc métallique ou de laiton. Les cristaux blancs ou jaunâtres, demi transparents ou opaques, dérivent d'un rhomboèdre sous l'angle de 107°-40'; ils ont un éclat vitreux et perlé. La calamine est très souvent en masses compactes, souvent mélangées d'une grande quantité d'oxyde de fer hydraté ou de carbonate de chaux magnésifère, ce qui fait qu'elle est souvent colorée en jaune, brun et même en rouge, et qu'au premier abord on la prendrait pour du minerai de fer. Sa densité = 4,442; elle se dissout avec effervescence

ZINC.

dans les acides; elle se dissout également dans l'ammoniaque et le carbonate d'ammoniaque.

Ce minerai se trouve toujours en amas à la séparation des terrains de transition et des terrains secondaires, ordinairement dans des calcaires très magnésiens. Les principaux gîtes sont : ceux situés entre Liége et Aix-La-Chapelle, qui alimentent les usines de la Vieille et de la Nouvelle-Montagne, de Stolberg, de Corfali, etc.; et ceux situés entre Beuthen et Tarnowitz, qui alimentent les nombreuses usines de la Haute-Silésie.

Silicate de zinc. Le silicate de zinc accompagne fréquemment en proportion assez notable le carbonate, soit à l'état de silicate anhydre, soit surtout à celui de silicate hydraté; il cristallise en prismes et se distingue, en outre de la calamine, en ce qu'il laisse un résidu de silice dans les acides forts et qu'il est irréductible par le charbon, ce qui fait qu'il ne peut être employé à la fabrication du zinc.

Blende, sulfure de zinc. La blende est un minéral d'un aspect très varié; la plus pure est d'un jaune de soufre et transparente; mais, le plus souvent elle est d'un brun-rouge ou verdâtre, et même noire, tantôt translucide et tantôt opaque, jouissant fréquemment d'un éclat très vif; sa cassure est lamelleuse, fibreuse ou grenue; elle est dure et fragile; sa densité varie de 3,8 à 4,0; elle est souvent cristallisée, en tétraèdres, octaèdres ou dodécaèdres rhomboïdaux. Elle renferme presque toujours une certaine quantité de sulfure de fer à l'état de combinaison. Elle est infusible et peut être transformée complétement en oxyde par le grillage.

La blende est une substance de filon qui accompagne ordinairement le sulfure de plomb, mais qui se trouve aussi en filons isolés. On l'exploite dans quelques localités pour la fabrication du zinc et notamment : sur les bords du Rhin, à Linz et Antonius; en Belgique, à Corfali; dans les Grisons; et à Vienne, dans le département de l'Isère.

Cadmies. Dans certains hauts-fourneaux qui traitent des minerais de fer zincifères il se forme près du gueulard des dépôts verdâtres connus sous le nom de *tuties* ou *cadmies*, qui sont presque exclusivement composés d'oxyde de zinc coloré par un peu d'oxyde de fer. On s'en sert quelquefois pour la fabrication du zinc et pour celle du laiton.

Essais des minerais de zinc.

En général, lorsqu'on fait l'essai d'un minerai de zinc on ne désire pas connaître la quantité totale du zinc qu'il renferme, mais bien celle que l'on peut en retirer par les procédés ordinaires de fabrication, c'est-à-dire celle-là seulement qui ne se trouve pas à l'état de silicate, laquelle reste toujours dans les résidus, le silicate étant irréductible par le charbon.

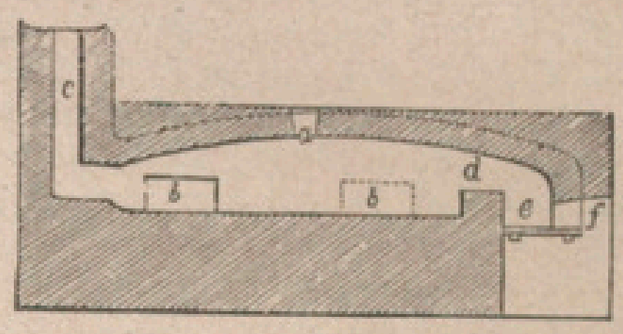
On grille le minerai et on fait l'essai sur le minerai grillé en le mélangeant avec 25 à 30 p. 100 de charbon et introduisant le mélange dans un creuset de terre que l'on chauffe rapidement au blanc; lorsqu'il ne se dégage plus de vapeurs de zinc, on laisse refroidir le creuset, on recueille le résidu, on le grille pour brûler l'excès de charbon et peroxyder le fer et on le pèse : la différence de poids représente la proportion d'oxyde de zinc. En opérant dans une cornue en terre, et sur une quantité un peu considérable de matière, on peut, avec quelques précautions, condenser le zinc métallique qui distille.

Traitement métallurgique.

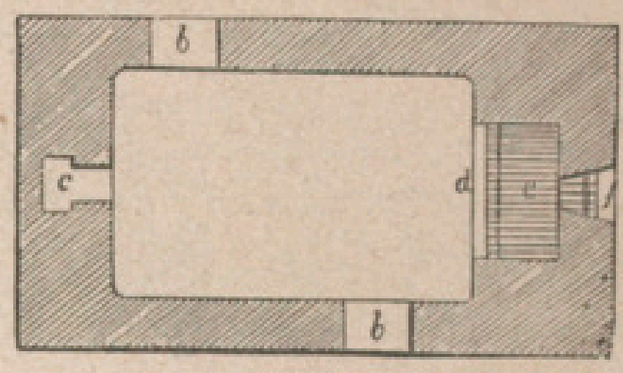
I. *Fabrication du zinc métallique avec la calamine.*

MÉTHODE ANGLAISE. On calcine la calamine, pour chasser l'eau et l'acide carbonique, dans des fours à réverbère (fig. 2575 et 2576) dont la sole a 3m,10 de long sur 2m,50 de large, et dans lesquels on la charge sur une épaisseur de 0m,15. On l'introduit ensuite après l'avoir mélangée avec son volume de houille sèche ou d'escarbilles de coke dans des pots placés au nombre de 6 ou 8 dans un four rectangulaire ou mieux circulaire, comme l'indiquent les fig. 2577 et 2578 : *h*, *h*, sont les pots qui ont 1m de profondeur et 0m,90 d'ouverture à la partie supérieure; la voûte *a* du four est percée d'ouverture *d*, par lesquelles on enfourne les pots et qui donnent issue à la flamme et à la fumée, lesquelles s'échappent par la cheminée conique *b*, percée d'ouvertures *c*, *c*, en regard de chaque pot; *e*, est la grille sur laquelle on charge le combustible par la porte *f*; *g*, est le cendrier; on remplace les pots détériorés comme dans les fours de verrerie (voyez VERRE); le fond de chaque pot est percé et traversé par un tube en fer *k*, qui traverse une ouverture ménagée sous le pot dans la sole *i i* du fourneau, et vient plonger à sa partie inférieure dans une cuvette pleine d'eau *l*. La charge terminée on ferme le pot avec le couvercle *m*. Le zinc réduit distille et vient se condenser ou plutôt se sépare par liquation dans les cuvettes *l* et même dans les tubes *k* qui sont sujets à s'engorger, et qu'il faut alors déboucher avec une tringle en fer chauffée au rouge; le fourneau occupe trois ouvriers en tout et produit 150k de zinc par 24 heures, avec une consommation de 12 parties de houille par une de zinc brut obtenue.

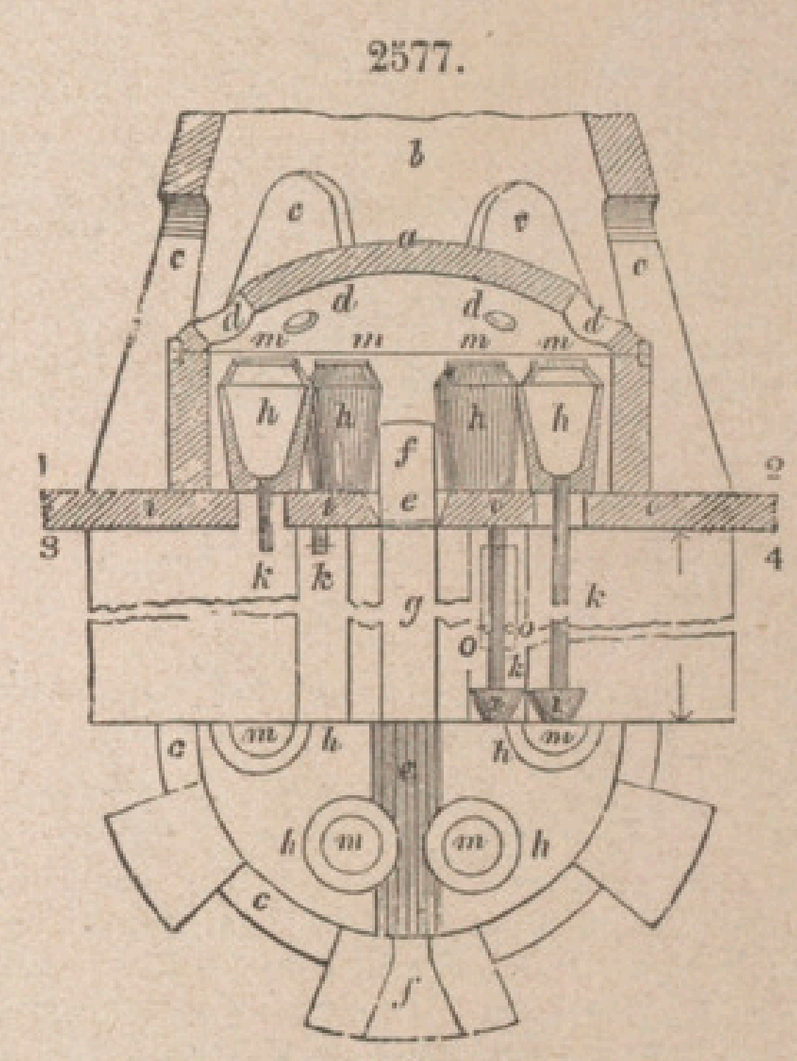
2575.



2576.



2577.

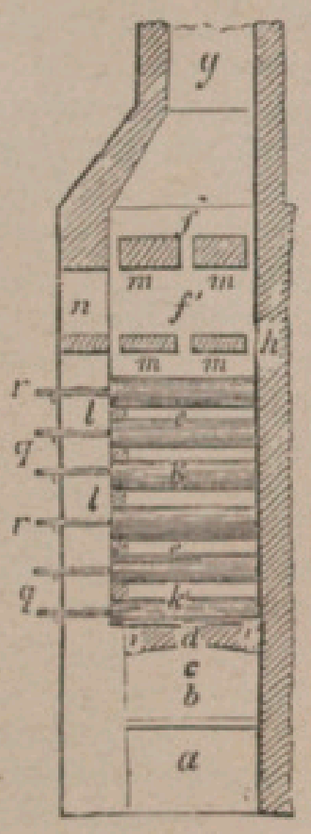


2578.

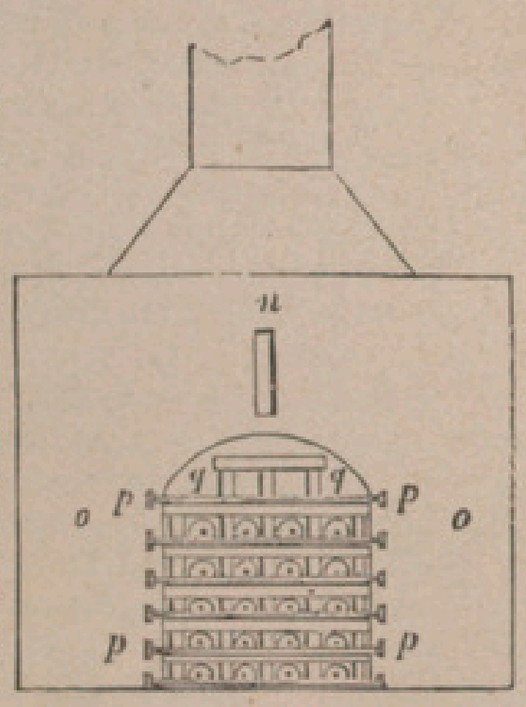
MÉTHODE BELGE. La calamine est le plus ordinairement calcinée dans des fours continus conduits comme les fours à chaux et qui ont 2m,50 de hauteur, 1m,50 de diamètre au gueulard et 0m,60 à la base. Chaque four est desservi par six ouvriers, dont trois seulement sont occupés à la fois; on y calcine moyennement 135 quint. métr. de calamine brute par 24 heures; on consomme moyennement 1.333k de minerai brut et 92k de houille par 1.000k de calamine calcinée produite. On opère aussi quelquefois la calcination dans des fours à réverbère : la consommation en combustible est alors environ triple et de 25 à 30 p. 100. La calamine calcinée est soumise à un broyage sous des meules verticales, disposées comme celles des huileries ou comme celles employées à la manufacture royale de porcelaine de Sèvres (voyez HUILE et POTERIE).

Les fours de réduction sont accolés par deux ou par quatre. La forme générale de chaque four (fig. 2579 et 2580) est celle d'un berceau cylindrique de 1m,87 d'ouverture porté sur deux pieds-droits tels que la distance de la sole à la clef de la voûte soit de 2m,60. La partie postérieure est fermée par un mur plein présentant huit banquettes saillantes, sur lesquelles vient reposer le fond des creusets *a;* à la partie antérieure sont disposées huit assises de briques dites chapeaux de prêtre, d'une forme particulière, et huit taques ou plaques de fonte, destinées à soutenir la partie antérieure des creusets ; des carneaux *e*, *e*, placés au sommet de la voûte servent à régler le tirage; enfin, au-dessous de la sole, sur laquelle reposent la rangée de creusets inférieurs, se trouve le foyer *b*, qui en est séparé par une voûte percée de quatre ouvreaux.

Les creusets sont cylindriques, fermés à leur partie postérieure et ont, après la cuisson, 1m,10 de long sur 0m,15 de diamètre intérieur et 0m,03 d'épaisseur; ces creusets sont faits en terre réfractaire d'Andennes; on donne 0m,04 d'épaisseur à ceux des 3 rangées inférieures; on a toujours été en augmentant le nombre de ceux que l'on place dans un même four; autrefois on n'en



2579.



2580.

plaçait que 20 comme l'indiquent les fig. 2579 et 2580 ; actuellement chaque four en renferme huit rangées, les sept premières de 6 et la supérieure de 4, en tout 46 creusets par four. Les taques sont disposées de telle sorte que chaque creuset présente une inclinaison totale de 0m,20 de l'arrière à l'avant.

Le séchage d'un four de réduction dure de 4 à 5 jours. Lorsque le four est arrivé au rouge-blanc, on démolit successivement les petits murs que l'on avait construits provisoirement et on introduit au fur et à mesure, dans le four, les creusets préalablement portés au rouge dans un four particulier; on introduit en même temps, dans la gueule des creusets, des tubes coniques en fonte qui doivent servir de condenseurs; ces tubes ont 1m,40 de long sur un diamètre extérieur de 0m,10 à la base et de 0m,06 au sommet, et une épaisseur qui varie de 0m,01 à 0m,02; ces tubes entrent par leur gros bout dans l'intérieur des creusets où ils pénètrent de 0m,06 à 0m,08, tandis que le petit bout repose sur les taques de fonte.

Au bout de vingt-quatre heures, on enlève les tubes en fonte pour introduire dans les creusets une première charge, composée de poussières et de crasses de zinc mélangées de leur poids de menu charbon ; on remet ensuite les tubes en fonte et on les lute avec de la terre réfractaire. Ce n'est que quatre ou cinq jours après, que le four est arrivé à son état normal; les charges se composent alors de 2 parties de calamine calcinée en poids et de 1 p. de charbon maigre et menu ; la charge de toutes les cornues dure 3 heures ; dès que la flamme qui se dégage des tubes, d'abord rouge et bleue, prend une couleur verdâtre, on prolonge les tubes en fonte en y adaptant des allonges en tôle de 0m,002 d'épaisseur qui ont la forme de troncs de cône de 0m,62 de longueur, et dont les bases ont respectivement 0m,075 et 0m,020 de diamètre. 5 heures après le moment où a commencé le nettoyage et le chargement des creusets, on fait une première coulée ; à cet effet, un ouvrier, les mains garnies de vieux chiffons de toile, saisit par le petit bout une allonge de chaque main, les secoue fortement dans un étouffoir en tôle, et les dispose en tas à quelques pas du four ; la poussière qui en tombe est un mélange d'oxyde de zinc et de zinc assez chaud pour s'enflammer en partie au contact de l'air. Ensuite, avec un grattoir, les ouvriers raclent les tubes en fonte et font tomber le zinc qui s'y est condensé dans des poêlons en tôle, puis le coulent dans des lingotières ; ils replacent de suite après les allonges. On fait trois nouvelles coulées, 7, 10 et 12 heures après le commencement de l'opération. Aussitôt après la dernière on procède au nettoyage des creusets, c'est-à-dire à l'enlèvement des résidus de l'opération précédente et on procède à une nouvelle charge. Pendant le nettoyage, on répare les creusets un peu endommagés avec des pelotes d'argile que l'on introduit et bat avec un ringard ; lorsqu'ils le sont trop fortement, on les retire et on les remplace par des creusets neufs préalablement portés au rouge-blanc.

Nous n'avons rien dit de la conduite du feu ; elle doit être telle que l'intérieur du four soit constamment au rouge-blanc ou rose, et que les creusets soient chauffés aussi uniformément que possible.

En douze heures ou un poste, on charge, dans les quarante-six cornues, 500k de calamine grillée et 250k de charbon maigre menu, et on en retire ordinairement 300k de zinc et 20 à 25k de poussières zincifères. On brûle sur la grille environ 6 parties de houille à longue flamme d'excellente qualité pour 1 partie de zinc obtenu.

La campagne d'un four dure environ deux mois ; on la termine par deux autres charges de poussières de zinc, mélangées de 1/4 ou au plus 1/3 de leur volume de charbon fin, après avoir laissé la température s'abaisser dans les creusets jusqu'au rouge sombre, pour éviter les explosions qui pourraient résulter d'une réduction trop rapide ; on ne fait qu'une charge de poussières par vingt-quatre heures et on coule fréquemment.

La durée des creusets est très variable suivant leur position dans le four ; ceux des quatre rangées supérieures durent fort longtemps, quelquefois même deux campagnes ; ceux des rangées inférieures sont détruits beaucoup plus rapidement.

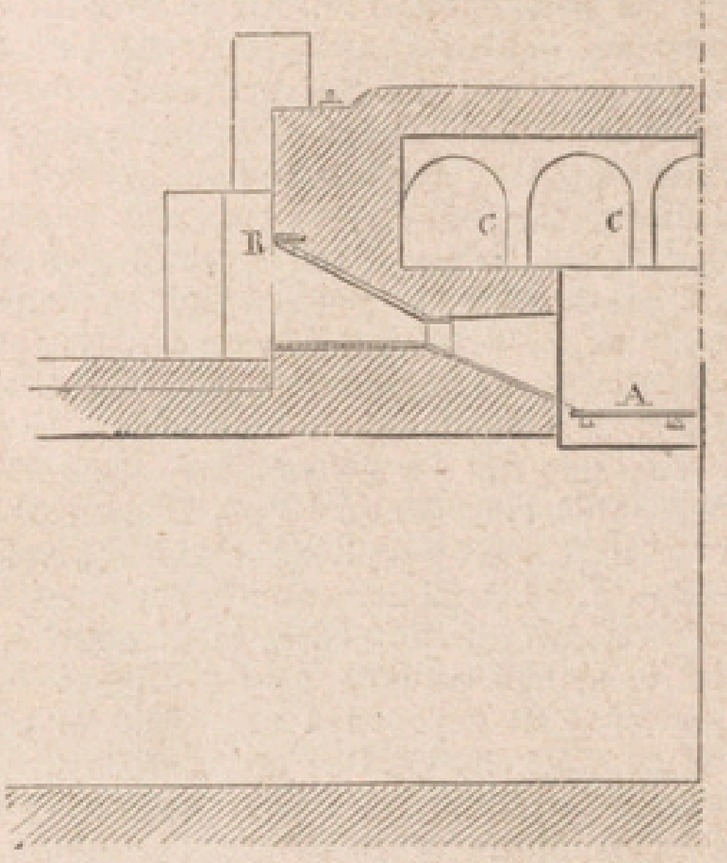
Le tableau suivant, extrait du mémoire de MM. Piot et Murailhe, sur la fabrication du zinc en Belgique (*Annales des mines*, 6e série, tome V, 1844), indique

quels ont été, en 1840, les frais spéciaux pour 1.000ᵏ de zinc obtenu dans les usines de la Vieille-Montagne :

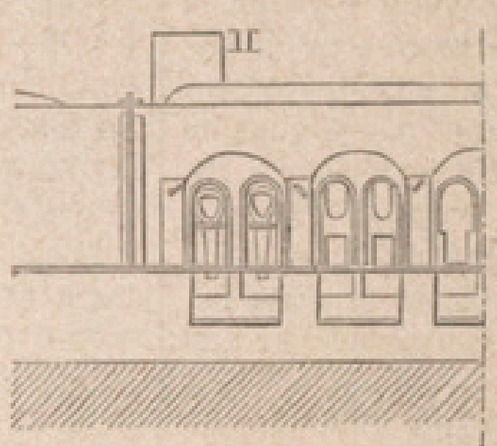
	fr. c.
Calamine calcinée, 3.265ᵏ à 10 fr. 76 c. la tonne (pour mémoire).	
Houille, 6,030ᵏ à 22 fr. 70 c. la tonne. . .	136,88
Creusets, 14 3/4 à 2 fr. pièce.	29,50
Briques réfractaires, 6ᵏ,02 à 500 fr. la tonne.	3,01
Terre réfractaire, 6ᵏ,56 à 250 fr. la tonne. .	1,64
Fonte moulée, 640ᵏ à 23 fr. la tonne. . .	14,72
Fer et acier.	2,35
Main-d'œuvre.	44,04
Frais divers.	3,38
Total des frais spéciaux de traitement pour 1.000ᵏ de zinc brut obtenu.	235,52

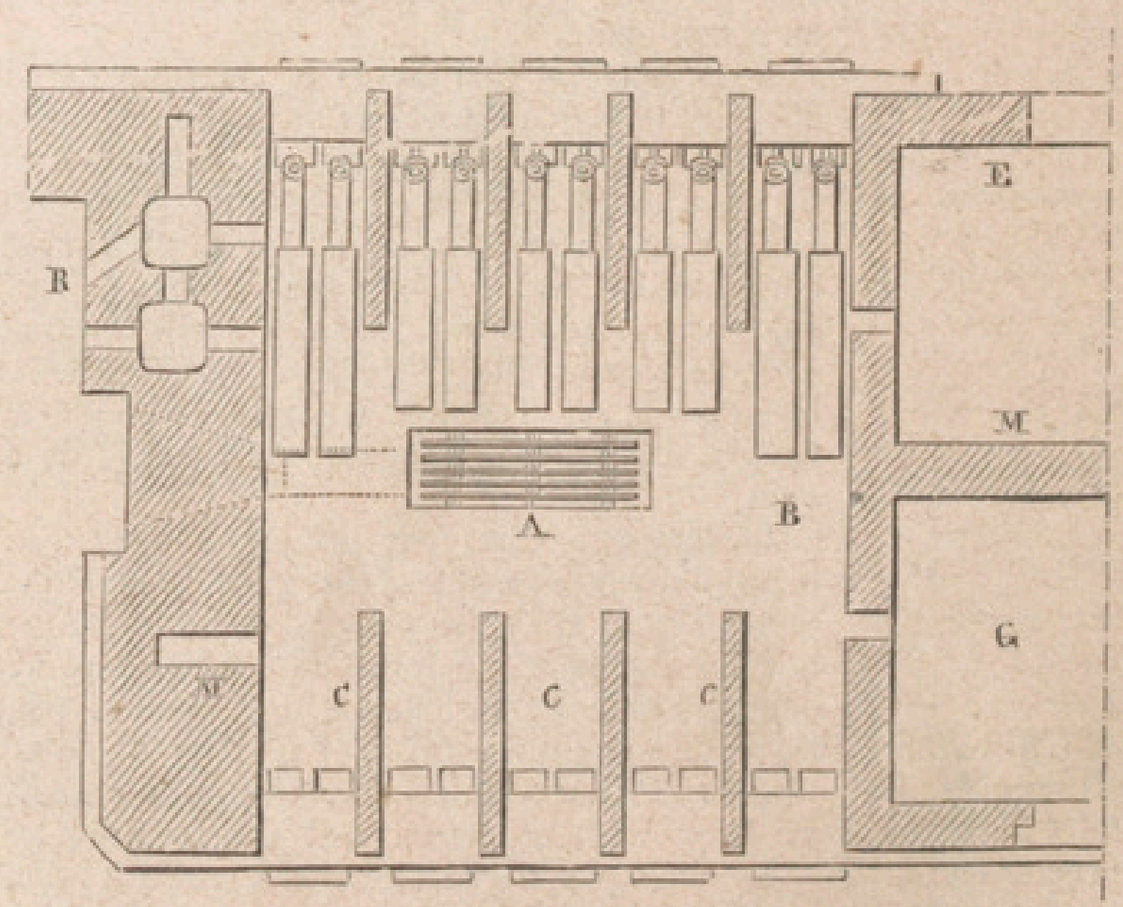
Les frais généraux pour la même quantité de zinc, et pour une production annuelle de 4.000 tonnes de zinc en lingots, se sont élevés à environ 30 fr.

2582.



2583.





2584.

Le zinc brut en lingots est partie livré en cet état au commerce, partie refondu. La refonte s'exécute dans un fourneau à réverbère dont la sole est elliptique et inclinée vers l'arrière; au point le plus bas se trouve un creuset hémisphérique où vient se rassembler le zinc fondu; la sole est en terre réfractaire, le reste du fourneau en briques réfractaires. La sole a 2ᵐ,30 de long sur 1ᵐ,53 de large; la grille est carrée et a 0ᵐ,56 de côté; l'autel a 0ᵐ,35 de large et est à 0ᵐ,27 au-dessus de la sole, la voûte est à 0ᵐ,40 au-dessus de l'autel; la cheminée est placée sur le côté, et les gaz chauds y sont conduits par un rampant de 0ᵐ,30 sur 0ᵐ,15, qui prend naissance au-dessus de la porte par laquelle on puise le zinc, la seule, du reste, qui communique avec l'intérieur du fourneau, et qui se trouve placée à l'extrémité du grand axe de la sole. On fait cinq charges en vingt-quatre heures, et chaque charge se compose de 2.000ᵏ de zinc brut en lingots. On emploie 3ᵏ 1/2 de houille pour 100ᵏ de zinc à refondre, et le déchet est de 4 p. 100 environ, partie par volatilisation, partie en zinc resté dans les crasses. On retire une partie du zinc contenue dans ces dernières en les repassant dans les fours de réduction.

Le zinc refondu est ordinairement destiné à être converti en feuilles par le laminage. Tantôt on le rechauffe dans des fours dormants analogues à ceux qu'on emploie pour la tôle de fer. Le laminage se fait à une très basse température, de 120 à 150°. L'épaisseur des feuilles varie de 1/10 de millimètre à 3 millimètres. On consomme de 5 à 6ᵏ de houille par 100ᵏ de zinc soumis au réchauffage. En tout, la dépense du laminage est de 6 francs environ par 100ᵏ de zinc en lingots, et de 10 francs environ par 100ᵏ de zinc laminé, à cause du déchet dû à l'ébarbage des feuilles.

MÉTHODE SILÉSIENNE. Le grillage ou calcination de la calamine s'exécute, dans la méthode qui nous occupe, dans des fours à réverbère, ordinairement chauffés avec les flammes perdues des fours de réduction. La réduction s'opère dans des moufles beaucoup plus grandes que les creusets belges, et placées dans des fourneaux à réverbère tout à fait différents. Ces fourneaux renferment en général vingt moufles (voyez figures 2581 à 2583) et sont accolés deux par deux; les flammes perdues sont utilisées pour la refonte du zinc, le grillage du minerai et la cuisson des moufles. Au-dessous de ces fourneaux et dans le sens de leur longueur, règne une galerie voûtée, de 2ᵐ,50 de haut sur 1ᵐ de large, qui amène l'air sous la grille, et sont recoupées par des galeries de service transversales, placées entre des massifs de doubles fours. La grille A est placée au milieu de la sole; la sole B est construite tantôt en briques réfractaires posées à plat, tantôt en terre réfractaire damée. La sole terminée, on élève les murs extérieurs M, en y ménageant les canaux horizontaux et les cheminées verticales, qui servent à attirer la flamme vers les angles du fourneau. On élève ensuite les murs C, formant les embrasures dans lesquelles on place les moufles, en les garantissant sur le devant par une plaque de fonte encastrée dans la sole. Enfin, on construit la voûte, qui est for-

mée d'une partie cylindrique parallèle à la longueur du fourneau et dans son axe, et de dix parties également cylindriques formant les embrasures : la voûte se construit tantôt avec des briques réfractaires moulées en forme de voussoirs, tantôt avec un mélange damé de 1/3 en volume de terre réfractaire, et de 2/3 de sable quarzeux. La partie de la voûte placée au-dessus de la grille dure de deux à trois ans ; celles des embrasures et les murs C durent davantage. Les parois de la chauffe ne durent que deux ans : à mesure qu'elles se rongent, on éloigne les moufles de la grille. On voit sur les fig. 2581 à 2583, la disposition du four de calcination G, du four à cuire les moufles E, des cheminées d'appel H, servant à régulariser la température dans l'intérieur du four, et en R, comment sont chauffés les pots en terre dans lesquels on opère la refonte du zinc.

La grille du four de réduction a 0m,40 sur 0m,87 ; la largeur intérieure de la sole est de 3m,40 ; les moufles extrêmes ont 1m,45 de longueur ; les autres seulement 1m,27 ; toutes ont extérieurement 0m,55 de hauteur et 0m,22 de large : leur épaisseur est de 0m,03 à la partie supérieure et de 0m,04 latéralement et au fond plat.

On charge à la fois 1.548k de calamine crue dans le four à calcination G ; l'opération dure vingt-quatre heures, et on en retire moyennement 2/3 ou 1.032k de calamine calcinée, qui suffisent pour l'alimentation d'un four à vingt moufles pendant quarante-huit heures. Quand un des deux fours est en réparation, on ne charge que 774k à la fois, et la calcination dure toujours vingt-quatre heures.

Les moufles se faisaient autrefois exclusivement à la main sans aucune espèce de moule ; l'ouvrier formait d'abord la base sur une planche, puis il élevait la partie cylindrique à la main avec des colombines de pâte ; on ne faisait que 0m,30 à la fois de hauteur, et on laissait prendre un peu de consistance à la masse par la dessiccation, en recouvrant le bord supérieur d'un linge humecté, pour qu'en reprenant le travail la nouvelle portion adhérât à la première. Plus récemment, on les a fabriquées dans quelques usines au moyen de moules intérieurs couchés, et placés dans une position analogue à celle que les moufles doivent occuper dans le four ; ce dernier procédé produit une économie notable dans la main-d'œuvre. Après une dessiccation lente à l'air ou dans une étuve, on les échauffe graduellement jusqu'au rouge ; on les retire alors lorsqu'il en est besoin, et on les porte toutes rouges dans les embrasures. Les allonges se font aussi à la main, en argile commune : on les sèche fortement sur la voûte du fourneau et on les met froides en place.

Le séchage d'un fourneau neuf dure plusieurs semaines avant de placer les moufles ; lorsque le fourneau a seulement été réparé, on les place immédiatement, en ayant soin de les poser sur un lit de sable, afin qu'elles n'adhèrent pas à la sole, et au bout de quinze jours le four est en pleine activité.

Le fourreau étant suffisamment chauffé, on dégage complétement le devant des embrasures, on bouche avec des morceaux de briques et de l'argile l'intervalle entre les moufles et les embrasures, et on ferme le devant de chaque moufle par une plaque d'argile présentant deux ouvertures : l'une, inférieure, par laquelle on enlève les résidus, et que l'on bouche avec une petite plaque d'argile ; l'autre, supérieure, qui reçoit l'allonge horizontale ou *botte*, à laquelle on adapte ensuite l'allonge inférieure ou *pot*. On procède ensuite au chargement de la calamine calcinée, mélangée de son volume d'escarbilles de coke. On a reconnu que les matières devaient être seulement concassées en petits morceaux. Lorsqu'elles sont complétement pulvérisées, comme dans la méthode belge, elles se tassent en masse, la réduction s'opère plus difficilement, et le zinc réduit a plus de peine à se séparer par distillation. Le mélange est chargé au moyen d'une cuillère demi-cylindrique, qu'on introduit pleine à travers la partie horizontale de l'allonge et que l'on renverse dans la moufle. Cinq minutes après qu'une moufle est chargée, elle donne déjà des vapeurs de zinc notables, aussi faut-il fermer aussitôt après l'ouverture de l'allonge horizontale avec une plaque de terre cuite que l'on lute avec de l'argile. Ensuite, on ferme le devant des embrasures avec une porte mobile formée d'un châssis en fonte et d'un treillis de fil de fer, que l'on garnit de petits morceaux de briques et d'argile ; au milieu de cette porte s'en trouve une autre plus petite qui sert à introduire un ringard pour déboucher l'allonge horizontal quand elle s'obstrue (ce qui arrive rarement), et surtout à refroidir les allonges quand elles sont trop chaudes. Une heure après le chargement, le zinc commence à tomber en gouttelettes, et il se dégage d'abondantes vapeurs que les ouvriers enflamment au moyen d'une barre de fer chauffée au rouge ; il en résulte une certaine perte en zinc, mais il paraît que sans cela la seconde allonge reste trop froide et s'obstrue très souvent. Malgré cette précaution, il est nécessaire de la déboucher de temps en temps au moyen d'une tige de fer recourbée à angle droit. La quantité de zinc qui distille augmente pendant six à huit heures ; elle reste à peu près constante pendant les quarante-huit heures suivantes, et diminue ensuite de manière à devenir nulle au bout de vingt-trois à vingt-quatre heures. Dès que le dégagement des vapeurs de zinc a cessé, on enlève les portes, on ouvre l'allonge horizontale, et on fait tomber le zinc condensé dans l'allonge verticale au moyen d'un ringard recourbé à angle droit ; on enlève le zinc qui est rassemblé au-dessous de cette allongue, et on procède à un nouveau chargement.

On ne vide les moufles que tous les trois jours, en enlevant la plaque qui ferme l'ouverture inférieure.

On reconnaît qu'une moufle est percée à ce qu'il se rassemble avec le zinc une quantité considérable d'oxyde, et surtout à ce qu'il s'échappe par la cheminée placée au-dessus de la moufle une flamme blanche caractéristique. On vide alors complétement la moufle, et si le trou n'est pas trop grand on le bouche avec un tampon d'argile réfractaire que l'on introduit à l'extrémité d'un ringard terminé par une spatule. Dans le cas contraire, on enlève la moufle et on la remplace par une neuve, préalablement portée au rouge blanc dans le four E. Une moufle dure de quinze à vingt semaines.

La refonte du zinc se fait dans les pots en terre placés en B ; on refond à la fois le zinc produit par un fourneau de vingt moufles en vingt-quatre heures, soit environ 180k de zinc ; on tient les portes fermées avec un couvercle en tôle, on laisse reposer le bain pendant une ou deux heures, on enlève avec une écumoire l'oxyde pulvérulent qui le recouvre, et on coule dans des lingotières légèrement chauffées.

Un fourneau de vingt moufles occupe trois ouvriers, un fondeur et deux aides ; le fondeur ne travaille que le jour. Le matin, il charge les dix moufles placées sur l'un des côtés du fourneau, le soir, il charge les dix autres ; il s'occupe dans l'intervalle de la refonte du zinc.

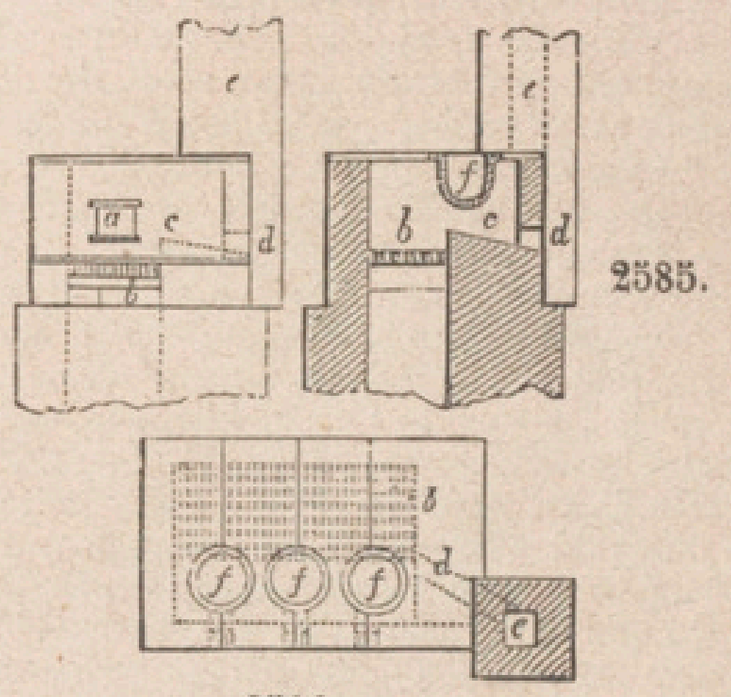
Nous renverrons pour des détails plus circonstanciés à l'excellent mémoire que notre ami, M. Rivot, a fait paraître dans les *Annales des mines*, 4e livr. de 1846 (4e série, tome X), sur l'usine à zinc de Stolberg, près Aix-la-Chapelle, qui a été montée il y a quelques années, d'après la méthode silésienne, par la compagnie de Sassenay et Ce.

Voici, d'après M. Rivot, quels ont été, pendant le premier trimestre de 1845, les frais spéciaux de traitement, à l'usine à zinc de Stolberg, pour 1.000 kil. de zinc brut en lingots :

ZINC.

Calamine lavée 5.353ᵏ à 14ᶠ,35 la tonne (pour mémoire).	
Houille sèche pour la réduction 1.945ᵏ à 3ᶠ,50 la tonne.	6ᶠ,80
Houille pour les grilles, etc., 9.767ᵏ à 11ᶠ la tonne.	107ᶠ,44
Une moufle.	5ᶠ,04
Neuf bottes et vingt pots.	2ᶠ,50
Briques et terre réfractaires.	8ᶠ,20
Main-d'œuvre pour le cassage et le grillage 1ᶠ,47 (pour mémoire).	
Main-d'œuvre pour la réduction et les transports dans l'usine.	33ᶠ,60
Primes et faits divers.	25ᶠ,98
Total des frais spéciaux de traitement pour 1.000ᵏ de zinc brut en lingots. . .	186ᶠ,56

La refonte du zinc destiné au laminage s'opère encore généralement en Silésie dans des pots en fonte *f*, *f*, chauffés comme l'indiquent les fig. 2584 à 2586. Les



2584. 2585.

2586.

fours à réverbère employés en Belgique, et que nous avons précédemment décrits, sont bien préférables. Le laminage n'offre de particulier que la disposition des fours à réchauffer qui, n'ayant besoin que d'une très faible température, sont presque toujours chauffés par les flammes perdues des fours servant à la refonte du zinc.

II. *Fabrication du zinc métallique avec la blende.*

La fabrication du zinc métallique avec la blende ou sulfure de zinc n'offre pas de difficultés.

On fait d'abord subir à la blende en morceaux un premier grillage qui a pour but de chasser la plus grande partie du soufre et de la désagréger. On peut, comme en Angleterre, opérer ce grillage dans des fours à réverbère, mais il est préférable d'employer des fours analogues aux fours à chaux continus, ou bien des fourneaux à cuve à courant d'air forcé. Le soufre que renferme le minerai fait qu'il n'est nécessaire de n'ajouter du combustible qu'au commencement de la mise en feu : sur les bords du Rhin, à Linz, où le grillage se fait dans des fourneaux à courant d'air forcé, on charge avec la blende un peu de nitre et on emploie le mélange gazeux qui se dégage, au gueulard, à la fabrication de l'acide sulfurique, ou plutôt de sulfates de fer et de cuivre, en le faisant arriver, mélangé de vapeur d'eau produite par un générateur particulier, sous des grilles en pierre recouvertes de minerai de cuivre non sulfuré ou de peroxyde de fer hydraté. On recueille en outre une certaine quantité de soufre qui se liquéfie et se rassemble au-dessous de la tuyère.

Le minerai une fois grillé est ensuite finement pulvérisé et on termine le grillage dans un four à réverbère, ordinairement chauffé par les flammes perdues du four de réduction.

La réduction du minerai complétement grillé n'offre aucune difficulté, à cela près que les matières étant réduites en poussière très fine, leur réduction s'opère plus lentement et le zinc se dégage moins facilement ; il en est de même du reste ainsi très souvent, nous ne savons trop pourquoi, dans la méthode belge, où il serait certainement beaucoup plus avantageux de ne pas pulvériser la calamine calcinée, mais seulement de la concasser ; ici, au contraire, il est impossible de ne pas pulvériser finement la blende, afin d'obtenir un grillage complet. Les fours de réduction sont d'ailleurs les mêmes que pour la calamine.

III. *Fabrication du blanc de zinc.*

Cette fabrication, très intéressante, a été décrite à l'article BLANC DE ZINC avec tous les détails que mérite une industrie qui a déjà pris de grands développements et qui fournit un produit doué d'utiles propriétés.

Statistique.

Il est extrêmement difficile d'évaluer la production du zinc, parce qu'il s'élève à chaque instant de nouvelles usines par suite de la consommation toujours croissante de ce métal. La production annuelle est d'environ 417.000 quint. métriques répartis comme suit :

Haute-Silésie.	200.000	quint. métr.
Pologne contiguë. . . .	57.000	—
Belgique et Prusse rhénane.	150.000	—
Angleterre.	6.000	—
Espagne (Castille). . .	3.000	—
Carinthie, Hartz, etc. .	1.000	—
	417.000	quint. métr.

Le prix de vente n'en est pas moins variable ; ainsi il était :

En 1820.	142ᶠ le	quint. métr.
1829.	22ᶠ,50	—
1836.	40ᶠ à 60ᶠ	—
1841.	60ᶠ à 90ᶠ	—
1842.	95ᶠ à 100ᶠ	—
1846.	55ᶠ	—

P. DEBETTE.

ZIRCON. Voyez GEMMES et LAPIDAIRE.

FIN

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE

Pour terminer notre œuvre tout entière consacrée à l'étude des procédés qu'emploie le génie de l'homme pour créer et multiplier à l'infini la richesse, il importe de considérer le vaste ensemble du travail industriel à un point de vue autre que celui auquel nous nous sommes placés jusqu'ici.

Ce n'est pas pour satisfaire une vaine curiosité que l'homme se livre au travail, c'est pour accomplir la loi impérieuse de sa nature, c'est pour échapper au besoin qui l'étreint de toutes parts. Il nous reste donc à étudier au point de vue des intérêts humains l'industrie, que nous n'avons envisagée en général jusqu'ici qu'au point de vue physique; à considérer non plus seulement les méthodes qui rendent le travail utile, les procédés qu'emploie le producteur, mais encore quelles sont les conditions qui lui permettent de produire, avec la plus grande économie de travail possible, et après qu'il a produit, de jouir du fruit de son travail; en un mot, la science du travail et de sa rémunération. Nous avons à résumer à un point de vue plus général les considérations économiques dont nous avons dû dire quelques mots en traitant des procédés techniques de chaque industrie, considérations sur lesquelles doit reposer l'édifice industriel d'un pays, et qui permettent de déterminer la voie dans laquelle on doit pousser le travail et l'activité d'une nation laborieuse.

De l'Économie politique. — De la méthode à suivre pour son étude.

L'Économie industrielle ou l'Économie politique qui n'a pour objet, comme la première, que la richesse en tant que créée par le travail de l'homme, l'économie de l'industrie, mais à laquelle, toutefois, viennent se joindre quelques questions d'un ordre plus purement politique, est une science qui se rapporte à l'homme et à la société, et par suite, une science de même ordre que les sciences du droit, la science politique. Quelle est la méthode qui doit être appliquée à son étude? Car c'est bien évidemment à des vices dans la méthode qu'il faut attribuer, après toutefois les écarts dus aux passions, les fréquents malentendus qui encombrent cette science; et qu'on peut expliquer comment les résultats les plus certains pour les uns sont audacieusement niés par les autres.

Il importe donc en premier lieu de s'arrêter à cette question de la méthode, qui seule peut permettre, autant qu'on peut le faire pour une science morale, de mettre en complète évidence et rendre parfaitement incontestables quelques vérités fondamentales.

Disons d'abord comment procèdent les écoles qui existent aujourd'hui. On peut à première inspection reconnaître deux écoles bien distinctes: l'école métaphysique, celle qui veut plier impérieusement les faits à l'idée, et l'école expérimentale, celle qui tient compte des faits, qui procède par l'observation pour découvrir des lois, des rapports.

En examinant ces deux écoles au point de vue de la méthode seulement, et non à celui des solutions qu'elles proposent pour les principaux problèmes, nous pouvons retirer des discussions animées auxquelles nous avons assisté, le lendemain d'une révolution dont le caractère le plus saillant a été d'agiter des questions d'un ordre tout industriel, quelques conclusions très-certaines.

1° L'école métaphysique part de quelques affirmations capitales, qu'elle cherche à peine à établir, dont elle ne discute pas les limites dans l'application, qui sont pour elle des vérités absolues, incontestables, un évangile politique. Ces principes sont entre autres l'égalité absolue des individus qui composent la race humaine, le droit de chacun à une égale satisfaction de ses besoins, la solidarité qui pèse sur tous les hommes, etc.

Ces vérités sont en nombre plus ou moins grand suivant les écoles; elles varient de l'une à l'autre, mais toutes (et c'est pour cela que nous les confondons dans la dénomination d'écoles métaphysiques), partant d'entités intellectuelles plus ou moins certaines, construisent d'après elles un projet d'édifice dans lequel il s'agit de forcer d'entrer la société bon gré mal gré.

Cette méthode est-elle acceptable scientifiquement? N'est-ce pas celle contre laquelle l'humanité se débat depuis le commencement du monde, et n'est-ce pas depuis qu'elle a été abandonnée pour les sciences physiques, que la civilisation a fait

ses plus grands, ses plus admirables progrès?

Quelle différence faire entre l'inquisition condamnant Galilée pour avoir affirmé que la terre tournait, et les novateurs modernes condamnant notre société, en vertu de leur seule conception de l'égalité, parce qu'elle ne veut pas renoncer à la propriété et au prêt à intérêt? Elle est complétement nulle, si ce n'est que les inquisiteurs, croyant voir dans la Bible la condamnation de Galilée, devaient moins craindre que nos novateurs de se tromper en se livrant à une conception de leur esprit.

Peut-on faire sortir ainsi des lois sociales du cerveau de soi-disant révélateurs, et construire une société de toutes pièces d'après quelques idées préconçues, car ces écoles ne donnent en général leurs systèmes industriels que comme une conséquence de leurs systèmes politiques? Ce qui montre bien le peu de solidité de ces systèmes, c'est que les vrais philosophes révolutionnaires ou métaphysiciens (ce qui, au fond, est la même chose) ne rédigent pas un projet de constitution pour notre pays sans croire qu'elle ne soit également applicable à tous les peuples: aux Chinois, aux Indous, comme aux Français; partout où l'on rencontre l'homme, où il y aura des pierres pour construire un phalanstère. Cette rigoureuse conséquence de leur doctrine est jugée depuis longtemps par le bon sens public, et le peu de solidité des constitutions successivement imposées à la France, par des penseurs plus ou moins profonds, a bien prouvé que ce n'était que de l'étude patiente des conditions d'existence, de vie des nations, que pouvait se déduire la loi de leurs progrès, et non de l'application violente d'entités métaphysiques puisées dans le cerveau d'un philosophe.

Il en est absolument de même en Économie politique, c'est-à-dire pour la science qui a pour objet le développement et la distribution de la richesse dans la société, la vie industrielle d'une nation; l'application de systèmes absolus puisés dans une philosophie dogmatique, en dehors de la réalité des faits, peut facilement anéantir la prospérité et la richesse d'un pays, comme l'expérience l'a trop prouvé, mais ne saurait les établir et les consolider.

2° L'école expérimentale, agissant à l'opposé de l'école métaphysique, a cherché à appliquer, à l'étude des phénomènes qui se rapportent à la richesse sociale, la méthode d'expérimentation que depuis Bacon les savants ont appliquée avec tant de succès à la recherche des lois physiques.

Voici en quels termes J.-B. Say formule la méthode employée par l'Économie politique moderne:

« L'Économie politique, dit-il, afin de ne pas s'égarer en de vaines et funestes recherches, ne s'occupe que de remonter des faits les plus constamment observés à la connaissance des lois générales qui régissent ces faits. »

Comme moyen d'investigation, comme procédé pour reconnaître et analyser tous les phénomènes auxquels donnent lieu la production, la distribution ou la consommation de la richesse, cette méthode est excellente. Ses avantages sont bien clairement démontrés par le grand nombre de théories remarquables qu'elle a produites; mais peut-on avec cette méthode seule édifier solidement la science complète? Cela peut paraître douteux si l'on étudie le développement de la science économique depuis le commencement du siècle. D'un côté, l'école de Ricardo, et aujourd'hui les représentants les plus illustres de l'école économique en Angleterre, tendent à rapprocher de plus en plus l'Économie politique d'une science mathématique; ils cherchent à constituer une espèce d'algèbre de la richesse, toute fondée sur la notion de la valeur et où l'effort humain disparaît, une science plus voisine d'une application des sciences de calcul que d'une science sociale. Dans une voie opposée, une école toute politique dont M. de Sismondi a été le représentant le plus éminent, et qui depuis a trouvé un vigoureux champion en Allemagne en la personne de F. List, le promoteur du Zollverein; les écrivains socialistes et depuis longtemps tous les politiques qui ont fondé le système prohibitif ont réclamé la prééminence des sciences politiques sur les sciences économiques, et ont cherché à prouver que le pouvoir politique devait dominer et modifier au besoin l'organisation économique de la société qui produit

De semblables divergences entre des intelligences de premier ordre montrent bien que la méthode expérimentale, appliquée à l'Économie politique, est insuffisante, qu'elle ne fournit pas de démonstrations bien concluantes. Verra-t-on jamais, dans les sciences physiques auxquelles elle s'applique si parfaitement, de pareilles divergences entre les savants? Sans doute on nous dira que Sismondi, en quittant la méthode expérimentale, s'est séparé des Économistes, mais n'y était-il pas poussé par des motifs bien puissants? N'est-il pas évident que les limites posées par Say sont presque toujours dépassées par les écrivains de nos jours, que la science s'y trouve à l'étroit?

N'est-il pas démontré aujourd'hui que c'est surtout au point de vue du commerçant, du financier, que l'école anglaise (née avant le grand développement industriel de ce pays) a traité jusqu'à ce jour l'Économie politique? Ce sera, nous espérons, avec quelque honneur que la France aura posé les jalons d'études faites au point de vue du producteur, car c'est cet intérêt qui est au fond de toutes les questions agitées en France depuis quelques années.

3° Si la méthode expérimentale, si la seule observation est insuffisante, si la méthode métaphysique est surtout propre à conduire à de funestes aberrations, quelle est donc la méthode convenable pour constituer l'Économie industrielle?

On répondra facilement à cette question en re-

manquant les différences qui séparent la physique ou les sciences cosmologiques et les sciences morales qui comprennent l'Économie politique, aussi bien que les sciences juridiques et historiques. Ces différences peuvent se résumer en un mot, la vie, phénomène capital de ces dernières qui ne se rencontre pas dans les premières.

Ainsi, si l'on considère l'expérimentation appliquée aux sciences physiques, on voit que les lois des phénomènes, toujours constantes, viennent se manifester par la répétition sous des aspects variés, de manière que l'esprit peut venir les saisir et les vérifier. Dans les sciences de la vie, au contraire, les objets aussi bien que les lois qui les régissent se transforment sans cesse par l'effet d'un développement continu, et l'expérimentation ne peut plus montrer que des manifestations diverses de lois complexes et dont, par suite, on parvient difficilement à dégager celles-ci. Tout ce que peut fournir en chaque instant l'observation, c'est l'indication d'un terme d'une série dont la science se propose la connaissance complète.

On voit donc que la méthode expérimentale est parfaitement applicable à l'Économie politique, mais qu'elle est insuffisante si on la borne à l'observation d'une époque ou d'un pays; qu'il peut y avoir lieu de compléter les résultats qu'elle fournit à l'aide de l'histoire et de la comparaison avec l'état économique des autres peuples qui doit fournir des matériaux excellents pour la construction de la science. Sismondi, historien par-dessus tout, approchait de la vérité dans la méthode; mais en voulant violenter le fait économique, au lieu de l'influencer seulement par l'élément politique, il sacrifiait la liberté et exagérait l'action du prince jusqu'à la rendre odieuse. Il ne peut être douteux cependant que le développement de la vie, que le progrès qu'il est possible d'espérer en un instant donné ne peut être indiqué si l'on n'a le sentiment vrai de la voie dans laquelle la société doit s'avancer. C'est par là que la science politique réagit sur la science économique, c'est elle qui détermine la voie dans laquelle une nation doit s'avancer, les transformations vers lesquelles elle tend.

Un esprit bien fin, M. Rossi, qui a apporté de grandes lumières aux questions qu'il a étudiées, avait senti l'insuffisance de la science économique toutes les fois qu'une solution lui était demandée, et avait été frappé du malentendu perpétuel que l'on voit subsister depuis si longtemps dans notre pays entre les économistes et les politiques, qui présentent le plus souvent des solutions opposées et ne peuvent jamais se convaincre mutuellement.

Il proposait de diviser l'Économie politique en deux parties : la science pure de la richesse, de la valeur, c'est la science de Ricardo, dont il s'est appliqué à développer les principales théories; puis la science appliquée, qui est la science des politiques, celle des hommes qui, chargés de la

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

direction des affaires, ont à appliquer les théories de la science pure.

Ce point de vue nous paraît tout à fait lumineux et peut conduire à des résultats parfaitement acceptables, à condition que l'on considère cette seconde partie de la science comme une véritable science politique (qui mériterait vraiment le nom d'Économie politique, tandis que la première serait une science presque algébrique fondée sur la notion de la valeur), une science exigeant les mêmes travaux, employant la même méthode que les sciences du droit, et nullement un art consistant dans la simple application des théorèmes de la science telle qu'elle est conçue généralement aux faits.

Nous ne savons s'il y aurait avantage réel à séparer la science en deux parties distinctes; mais ce qui nous paraît indispensable, c'est de les étudier toutes deux dans leur ordre naturel, c'est-à-dire en commençant par ce qui est définition, principes généraux, pour continuer, par ce qui varie avec les éléments politiques et sociaux; cela est surtout nécessaire dans un ouvrage de la nature de celui-ci, afin d'appliquer ces notions aux désirs et aux besoins de l'industrie française, pour en assurer le développement et la prospérité.

De la richesse. — Division de la science. — 1° Production de la richesse. — 2° Distribution de la richesse. — 3° Consommation.

On définit *richesse* tout ce qui peut nous servir à un titre quelconque, tout ce qui peut nous être *utile*. L'Économie politique est essentiellement la science de la richesse, la science de l'utile, dans ses rapports avec l'homme et la société; on la définit en lui assignant pour but de déterminer *comment la richesse doit être produite, répartie et consommée*.

Ces trois points de vue de production, distribution et consommation, forment la base des trois grandes divisions de la science: le premier terme correspondant à l'effort que l'homme fait pour satisfaire à ses besoins de chaque jour, le second au droit qui résulte de l'effort sur le résultat obtenu, le troisième à la satisfaction de ces besoins.

Il importe, toutefois, de remarquer que bien des utilités, les plus précieuses, les plus indispensables à l'existence, sont fournies *gratuitement* par la nature à tous les hommes, sont communes à tous les hommes qui peuvent en jouir à leur aise sans priver personne.

Tel est l'air que nous respirons, la chaleur, la lumière du soleil, la force des vents, des courants, toutes les forces du monde physique, etc.

Ces utilités constituent les *richesses naturelles*, domaine immense dont l'exploitation de plus en plus féconde se révèle par les progrès les plus importants de la civilisation et de l'humanité tout entière. Nous verrons bientôt comment l'agrandissement du domaine de ces richesses communes à

tous est le but du travail le plus élevé et le plus fertile en grands résultats. Les autres richesses dont ne jouissent pas tous les hommes, pour la création desquelles des efforts sont nécessaires, sont dites *richesses sociales*.

On voit, d'après ces prémisses, quelles sont les limites de la science; elle ne doit être confondue ni avec la politique, ni avec la technologie, avec lesquelles elle a des relations intimes; elle ne doit même pas être confondue avec les moyens d'assurer le bonheur des individus et des sociétés, bonheur qui tient au moins autant à des causes morales qu'à des causes physiques, mais être considérée comme la science du bien-être matériel, de la richesse.

PRODUCTION DE LA RICHESSE.

Produire ou créer de la richesse, c'est donner de l'utilité aux choses qui n'en ont pas ou augmenter celle qu'elles ont déjà. Nous ne pouvons créer pas plus qu'anéantir la moindre molécule de matière, mais nous pouvons lui faire subir toutes les combinaisons, tous les changements de forme, par les procédés dont la théorie constitue les sciences chimiques et mécaniques. C'est ce qu'a clairement démontré l'étude détaillée, à laquelle nous nous sommes précédemment livrés, des procédés de l'industrie.

La production de la richesse est, quant au mode d'action des agents employés, de l'ordre des sciences physiques; l'économie de la production, qui est l'étude des procédés employés, à un point de vue spécial, ce qu'on peut appeler leur théorie économique, est de l'ordre des sciences philosophiques, c'est-à-dire qu'il y est tenu compte de ce que c'est l'homme intelligent qui est l'agent principal de la production.

De l'étude des procédés industriels, comme on pouvait le prévoir facilement *à priori*, il résulte clairement que l'utilité est produite dans les objets : 1° par les forces naturelles, 2° par la force intelligente de l'homme, par le travail; enfin, le plus souvent, par la réunion des deux éléments.

Si ce n'est dans le cas où la satisfaction du besoin de l'homme est fourni complétement par la richesse naturelle mise directement à la disposition de l'humanité, ce n'est encore qu'avec des efforts, avec du travail, que l'on parvient à utiliser, en les dirigeant, ces forces naturelles. C'est donc ce grand fait du travail, base de toute production et, par suite, de toute l'économie industrielle, qui doit être, avant tout, étudié avec le plus grand soin.

I. DU TRAVAIL. — ÉCONOMIE. — DIVISION. — LIBERTÉ DU TRAVAIL.

Le travail est la manifestation de l'effort que fait l'homme pour obtenir une satisfaction d'un ordre quelconque, et, au point de vue industriel qui est le nôtre, pour transformer la matière et la rendre propre à la satisfaction d'un besoin. C'est évidemment sous deux points de vue principaux, suivant qu'un des éléments constitutifs de l'humanité prédomine, que le travail de l'homme peut être considéré, à savoir : comme résultat d'un effort corporel ou d'un effort intellectuel, comme produit par le corps ou par l'intelligence. Nous avons trop vu sur combien d'applications des sciences reposait tout l'édifice industriel pour qu'il soit nécessaire d'insister beaucoup sur une division trop peu usitée, mais qui peut seule permettre d'apprécier tous les phénomènes auxquels le travail de l'homme donne naissance.

Nous distinguerons donc :

1° Le travail mécanique accompli par les efforts physiques du corps humain, le travailleur n'appliquant à son travail qu'une partie minime de son intelligence;

2° Le travail simultané de l'intelligence et des membres;

3° Le travail intellectuel.

1° *Travail mécanique accompli par les efforts physiques du corps humain.* Le type du travail dont nous voulons parler ici est le travail du journalier employé à remuer de la terre. C'est un travail presque entièrement physique et, par suite, qui ressort presque directement de la science mécanique. Pour l'homme livré à un semblable travail, comme pour le cheval occupé à traîner une voiture, la science et l'expérience détermineront le travail utile maximum, c'est-à-dire les conditions de vitesse, d'efforts, etc., tels qu'à fatigue égale le poids de terre transportée à l'unité de distance soit le plus grand possible.

Il faut même avouer que l'homme, au point de vue restreint du travail mécanique, en laissant de côté la liberté de détermination qui fait entreprendre ce travail à l'ouvrier libre, est bien inférieur aux animaux domestiques qui l'aident et le remplacent souvent dans son travail, et surtout aux grandes forces que fournit la nature et dont nous allons parler bientôt.

2° *Travail simultané de l'intelligence et des membres.* Le travail dont nous voulons parler est celui de l'habile ouvrier qui est parvenu, par un long apprentissage, à acquérir l'habileté, le *tour de main* qui lui permettent d'exécuter de merveilleux ouvrages. Que l'on regarde travailler un horloger, une brodeuse, etc., et l'on sera étonné de l'habileté, de la délicatesse, de l'attention intelligente, des connaissances nécessaires pour effectuer leur travail. Ce n'est toujours que du mouvement imprimé à certains corps, à des molécules de matière (l'homme, ne se manifestant physiquement que comme une force, ne peut produire que ce que produit une force, du mouvement); mais, pour remplir toutes les conditions d'un bon travail, il faut que les doigts, les bras de l'ouvrier soient la

machine la plus parfaite, la plus délicate. Nous avons vu en effet bien souvent dans cet ouvrage que les machines opératrices peuvent difficilement lutter avec les parties les plus simples d'un semblable travail, imiter quelques-unes de ces variations infinies de chemin parcouru, de pression, etc., qu'un habile ouvrier sait varier à l'infini, suivant le jugement qu'il porte de l'état de son œuvre, de la résistance qu'il veut surmonter.

L'importance de l'esprit, la grande part qu'on doit lui reconnaître dans les transformations de la matière par le travail, a été admirablement peinte par Channing. Nous renverrons à ses œuvres (*Œuvres morales de Channing. — Traité de l'Élévation des classes laborieuses*), les personnes qui n'auraient pas le sentiment profond de la dignité de l'œuvre de l'ouvrier qui, soutenu par le sentiment du devoir, par l'amour du bien et du beau, applique toutes les facultés de son esprit à produire des œuvres qui ne laissent rien à désirer sous le rapport de la perfection. Mais, sans entrer dans la question de dignité du travailleur qui remplit ainsi son devoir, ce qui égale moralement sa position à toute autre, nous croirions faire injure au lecteur en insistant pour lui faire sentir qu'une intelligence forte et saine est la condition d'un travail productif des bras, qui ne fonctionnent pas seuls, mais qui, alertes en raison de l'activité de l'esprit, produisent d'autant plus et d'autant mieux que l'esprit sommeille moins. C'est par ce motif que dans les travaux de l'industrie, comme dans les sciences et les arts, certaines personnes ne possèdent jamais l'énergie et l'intelligence nécessaires pour réussir. C'est pour cela encore que l'esclave peut bien être astreint à des fatigues physiques, mais ne peut jamais être employé à des fabrications difficiles comme le travailleur libre, car si le maître peut contraindre son corps au travail, il est sans action sur son intelligence. Là, peut-être, est la cause la plus intime de l'immense infériorité du travail esclave, comparé au travail libre, que démontrent tous les faits; là une des causes économiques qui devraient le faire proscrire, s'il n'était déjà condamné par le droit et la morale.

3° *Travail intellectuel.* Nous avons vu que les richesses, les choses utiles à la satisfaction de nos besoins étaient, les unes fournies abondamment à tous les hommes, comme l'air respirable, la chaleur, la lumière du soleil, etc., que nous avons appelés *richesses naturelles;* les autres produites par l'activité humaine, et dont tous les hommes sont loin d'être abondamment pourvus même dans les sociétés les plus prospères, qui ne sont qu'en quantité minime dans les pays misérables, et que l'on appelle *richesses sociales.* Si l'on réfléchit à la manière dont se produisent ces richesses par le travail de l'homme, on voit de suite que cette production n'a lieu que parce que l'homme, en vertu des lois générales de la nature, peut faire naître certains effets; parce que, comme nous l'avons dit dans l'introduction de ce livre, l'intervention de l'effort de l'homme détourne à son avantage l'application de lois physiques. C'est en vertu des mêmes lois que l'on peut aller plus loin, et que les forces des animaux, celle produite par la chaleur, etc., peuvent suppléer aux forces de l'homme et, par suite, remplacer son travail, et mettre le corps à transformer dans les conditions où, en vertu des lois physiques, il acquiert les propriétés désirées.

ECONOMIE INDUSTRIELLE.

Mais de là un immense résultat, celui de la substitution du travail des forces naturelles au travail humain, ou plutôt adjonction de celles-ci, dont l'application a acquis, depuis un siècle surtout, une importance immense.

En résumé :

L'utilité est communiquée aux objets tantôt par la nature seule, tantôt par la nature aidée par le travail.

La nature met à notre disposition des matériaux et des forces infinies. Or, par le progrès incessant, ce ne sont plus seulement les matières brutes que nous fournit la nature, mais la matière élaborée et disposée pour nos besoins, par l'action des forces naturelles convenablement dirigées.

Pour accomplir ce grand progrès que faut-il?

Connaître, découvrir les lois naturelles;

En combiner l'application.

Ces deux conditions se peuvent exprimer par un même mot : découverte, invention.

La découverte des lois naturelles est le but des efforts du savant, c'est le travail le plus important, le plus productif, mais indirectement; en fournissant les moyens d'action, la base des nouveaux progrès.

Le second degré du travail intellectuel est celui de l'ingénieur, de l'inventeur industriel qui applique, dans un but spécial, les connaissances acquises, à la pratique industrielle, et engendre chaque jour de nouveaux progrès, de nouveaux accroissements de richesses.

Insistons un peu sur ces importantes vérités.

Comme le dit très-bien M. Bastiat : « La tendance invincible de l'intelligence humaine, en cela secondée par l'intérêt et la série des découvertes, est de substituer le concours naturel et gratuit au concours humain et onéreux, de telle sorte qu'une utilité donnée, quoique restant toujours la même quant à son résultat, quant à la satisfaction qu'elle procure, répond cependant à un travail de plus en plus réduit... »

Qu'en résulte-t-il? C'est qu'en tout produit la partie « *gratuite* tend à remplacer la partie *onéreuse,* » c'est-à-dire celle qui, répondant à des efforts humains, aura droit à une rémunération, comme nous le verrons en traitant de la distribution.

Pour bien faire sentir ce que nous expliquons ici, il nous suffirait de prendre au hasard une in-

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

dustrie quelconque et d'étudier les progrès qui sont résultés de l'emploi de machines, forme la plus saisissante de l'invention industrielle.

Considérons, pour unique exemple (car on pourrait les multiplier à l'infini), l'exploitation de la houille. Dans certains pays on trouvera encore quelques exploitations qui se font à peu près comme celle des carrières. Au haut d'un puits un treuil, déjà une machine, que fait mouvoir un homme, amène à la surface un panier de charbon d un poids peu considérable. Bientôt la profondeur augmente et le travail de l'homme devient presque improductif.

Mais qu'une machine à vapeur vienne remplacer l'homme, comme cela a eu lieu en Angleterre, lorsque cette admirable machine a été inventée; à l'instant sous l'effort des machines puissantes (souvent de cent à deux cents chevaux, c'est-à-dire équivalant au travail de cinq cents à mille travailleurs en un seul point) d'immenses masses de charbon sont enlevées avec une facilité extrême, l'eau qui tendait à envahir la mine est pompée et amenée à la surface; et le travail d'élévation de la houille, qui correspondait à une dépense considérable, ne coûte plus qu'une faible partie du combustible extrait : c'est, en quelque sorte, le charbon qui, gratuitement, se trouve amené des profondeurs du sol à la surface.

Si l'on suivait cette houille, et qu'on vît son transport fait d'abord à dos de cheval, en charrette, enfin sur un canal, où, profitant de la faible résistance que l'eau oppose au mouvement, un seul homme traîne un bateau d'un poids énorme, on sentirait clairement combien ces inventions successives, ces emplois heureux des forces et des lois naturelles, viennent, avec l'intervention d'un faible travail humain, mettre d'immenses richesses à la portée du consommateur.

Mais, à notre époque, il est inutile d'insister longuement à cet égard; nous vivons tous au milieu de phénomènes de ce genre; et l'étude que nous avons faite des procédés industriels se réduit presque toujours au moyen d'utiliser le mieux possible, pour la création d'un produit, les forces naturelles qui peuvent concourir à sa production.

C'est donc le travail intellectuel qui en rendant possible les plus grands progrès est le plus grand créateur de richesse, le plus puissant levier de la civilisation.

Économie du travail. Nous n'avons pas ici à étudier par quels procédés le travail humain intervient pour la création de la richesse; comment, dans chaque industrie, l'invention vient amoindrir la part du travail musculaire nécessaire pour la création d'un produit. Cette question est toute technologique et a été examinée en traitant de chaque industrie. Ce n'est que de l'économie du travail nécessaire dans un état donné des procédés industriels que nous avons à nous occuper ici, et nous devons évidemment le faire à deux points de vue, au point de vue de rendre l'effort de l'ouvrier le plus producteur d'utilité qu'il est possible, et au point de vue des conditions qui permettent à l'individu d'exercer ses efforts pour son plus grand avantage personnel; ce que nous passerons en revue sous les titres de division et de liberté du travail.

Division du travail.

Le principe de la division du travail a été reconnu et analysé avec grande supériorité par Adam Smith. Il faut que ce principe soit d'une grande importance pour accroître la production, pour que son application soit aussi fréquente que le fait reconnaître la simple inspection des faits de l'industrie. Aussi suffit-il d'en énoncer les résultats pour qu'on en reconnaisse la vérité à première vue, tant nous sommes accoutumés à la vérifier par la pratique.

L'accroissement dans la quantité d'ouvrage qui peut être exécuté pour le travail d'un même nombre d'hommes, par suite de la division du travail, est dû, dit Adam Smith, à trois circonstances : 1° au degré d'habileté qu'acquiert chaque travailleur; 2° à l'économie du temps qui se perd naturellement à passer d'un genre d'occupation à un autre; 3° à ce que chaque homme a plus de chance de découvrir des méthodes aisées et expéditives pour atteindre un objet, lorsque cet objet est le centre de son attention, que lorsqu'elle se dissipe sur une infinie variété de choses.

L'habileté que chacun acquiert à exécuter toujours une même opération, le développement spécial que prennent les muscles et le corps tout entier, toujours adonnés à un même travail, sont des faits bien reconnus. Il n'est personne qui, ayant visité un atelier, n'ait été émerveillé de la promptitude avec laquelle les ouvriers répètent certaines opérations. Le travail du pianiste, celui du compositeur d'imprimerie, sont célèbres sous ce rapport à juste titre. Adam Smith a reconnu que, dans le métier du cloutier, la spécialisation du travail triplait la quantité fabriquée; qu'un forgeron qui sait faire des clous, mais qui n'est pas cloutier de son état, ne peut faire que huit cents ou au plus mille clous par jour, tandis qu'un ouvrier qui n'a jamais exercé d'autre métier en peut faire plus de deux mille trois cents dans sa journée.

L'économie du temps qui se perd naturellement à passer d'un genre d'occupation à un autre s'explique par la nécessité où se trouve le travailleur de refaire en quelque sorte un apprentissage momentané pour passer à une nouvelle opération, retrouver la meilleure manière d'opérer. Les muscles des membres employés pendant la première opération ont acquis une certaine flexibilité pendant leur action, tandis que ceux qui doivent agir pour la seconde se sont comme engourdis dans le repos, ce qui produit de la lenteur

et de l'inégalité dans les mouvements au commencement du nouveau travail.

Ajoutez à ce qui précède la perte de temps occasionnée par le changement des outils en passant d'un travail à un autre, variable suivant les états, mais toujours sensible, et l'on comprendra facilement ce second avantage de la division du travail.

Remarquons aussi, au point de vue de l'intérêt de l'ouvrier, l'économie qu'il a fait du temps qu'il eût passé en apprentissage, sans mériter de rétribution, s'il avait dû apprendre à effectuer plusieurs opérations différentes. Cela est d'autant plus sensible dans la pratique, qu'en même temps qu'il faut un moindre intervalle pour que le travail de l'apprenti devienne profitable, il consomme moins de matière première inutilement, uniquement pour acquérir de l'habileté.

Enfin de la division du travail naît l'invention d'outils et de machines propres à exécuter chaque opération élémentaire. Nous n'insisterons pas à cet égard, car nous ne croyons pas ce principe d'une importance égale à celle des deux autres. Il n'est pas bien certain que ce soit en se servant toujours du même outil, en employant le même procédé de fabrication, que l'esprit s'éveille le plus à des perfectionnements; la connaissance des progrès des sciences y conduit bien plus sûrement.

Toutefois il est certain que les perfectionnements de détail partent d'habiles praticiens qui n'embrassent qu'un petit nombre d'opérations. Or, ces perfectionnements, il faut bien le remarquer, sont la source des plus grands progrès. En effet, c'est le perfectionnement, la simplification de l'outil, qui est ordinairement le premier pas vers l'invention d'une machine, le mouvement à imprimer à cet outil étant toujours facilement obtenu dans l'état actuel de la science des machines.

M. Babbage nous paraît avoir complété fort heureusement l'analyse de Smith, en faisant rentrer dans la division du travail la fonction du travailleur dans l'atelier, l'emploi de chacun dans la société. Voici comment il énonce ce principe, qui est le résumé de la pratique de chaque jour.

« En divisant l'ouvrage en plusieurs opérations distinctes, dont chacune demande différents degrés d'adresse et de force, le fabricant peut se procurer exactement la quantité précise d'adresse et de force nécessaires pour chaque opération; tandis que si l'ouvrage entier devait être exécuté par un seul ouvrier, cet ouvrier devrait avoir à la fois assez d'adresse pour exécuter les opérations les plus délicates, et assez de force pour exécuter les opérations les plus pénibles. »

On conçoit, comme nous le verrons bientôt, que la rétribution étant en raison de l'habileté et de la force des travailleurs, le bon marché de la production résultera de la meilleure division possible du travail dans l'atelier.

Il en résulte donc cette conséquence importante :

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

Quand d'après la nature spéciale des produits de chaque espèce de manufactures, l'expérience a fait reconnaître à la fois et le nombre le plus avantageux d'opérations partielles entre lesquelles doit se diviser la fabrication, et le nombre des ouvriers qui doivent y être employés, tous les établissements qui n'adopteront pas pour l'ensemble de leurs ouvriers un multiple exact de ce nombre fabriqueront chèrement. La division du travail donne ainsi un minimum de l'importance des établissements, minimum qui s'élève sous l'influence des machines, qui sont des ouvriers d'un ordre supérieur assujettis à ce même principe essentiel de la division du travail, et qui par la rapidité de leur production donnent ce résultat, que certains travaux ne peuvent plus se faire avec avantage que dans des établissements considérables. Là se rencontre le concours simultané de travailleurs plus ou moins habiles, de machines plus ou moins compliquées effectuant les parties les plus coûteuses de la fabrication. Ce n'est que dans ceux-ci, ou dans une agglomération suffisante de petites fabriques, que l'on peut établir une division de travail convenable entre les éléments divers qui concourent à la production.

Nous arrivons ici à ne plus nous borner à considérer la division du travail dans chaque atelier, et à entrevoir son importance quand on l'applique aux divers ateliers, circonstance dans laquelle elle donne des résultats extrêmement importants, surtout dans les grandes villes industrielles. Nous y reviendrons en parlant des industries de Paris et de Lyon.

Liberté du travail.

Puisque le travail est producteur de richesse, et que l'intensité de celui-ci dépend de l'effort humain, c'est-à-dire de la détermination, de la volonté, il en résulte clairement que toute restriction, toute gêne apportée au libre développement de la volonté, des efforts, du travail de l'homme, se traduit en empêchement à la production de la richesse.

Sans entrer ici dans tous les mobiles qui soutiennent l'énergie de l'homme, nous dirons qu'au point de vue du travail, tous sont utiles en ce sens qu'ils excitent à la production, et au point de vue économique, tous ceux qui sont dans le droit de chacun doivent être respectés, quant à leurs manifestations; le travail doit être libre.

L'école réglementaire et la plupart des gouvernements ont limité la liberté du travail et cherché, soit comme cela avait lieu autrefois, à organiser des communautés industrielles oppressives et jalousés, soit à ne permettre le travail et l'échange du travail qu'à certaines conditions. Les économistes ont combattu avec ardeur ces tendances rétrogrades, et proclamé bien souvent que le gouvernement sortait tout à fait de ses attributions quand il voulait empiéter sur le terrain industriel.

Sans vouloir ici traiter une question sur laquelle nous reviendrons plus loin, celle des droits de l'État et de la liberté, nous dirons qu'il nous paraît évident en principe que l'État ne peut priver un individu de la liberté de ses efforts et de son travail, l'empêcher d'exister, pour procurer à qui que ce soit une existence plus ou moins douce.

La conséquence directe du moindre empêchement de ce genre est la stricte obligation pour la société de nourrir tout individu qui ne peut, par suite de cet empêchement, gagner sa vie, c'est-à-dire le communisme le plus absurde. On se garde bien de la reconnaître dans la pratique, mais on n'évite pas une injustice. Le seul moyen de ne pas la commettre, c'est de ne pas sacrifier la liberté du citoyen, de reconnaître la liberté du travail comme le droit le plus imprescriptible de l'individu, le plus sacré et le plus inattaquable au point de vue moral comme au point de vue économique, l'instrument le plus essentiel de la production des richesses dans nos sociétés civilisées.

II. DU CAPITAL QUI CONCOURT AVEC LE TRAVAIL A LA PRODUCTION. — DES MACHINES.

L'utilité et par suite la richesse étant produites, partie par le travail de l'homme, partie par l'action des forces naturelles, il est évident que le progrès consiste à remplacer, autant que possible, le travail par l'action des forces naturelles, à faire en quelque sorte produire directement par la nature, sous la forme la plus convenable pour la satisfaction de nos besoins, les objets qui auparavant ne pouvaient être que le résultat d'un pénible travail. Il en résulte abondance, et, comme nous le verrons bientôt, bon marché de ce produit, avance de l'humanité dans la voie du bien-être universel.

La première condition pour obtenir cet important résultat réside dans la connaissance des lois de la nature, connaissance qui fait la base fondamentale de toute modification des corps. L'ensemble des connaissances, des découvertes, des résultats de l'expérience de chaque individu compose son capital intellectuel. Les lois de la nature, pour modifier les corps, sont utilisées à l'aide de substances, d'appareils, de machines, d'outils, etc., qui constituent le capital matériel.

Si l'on examine avec attention le moindre outil, on verra comment sont utilisées les propriétés de la matière. Un marteau, par exemple, ne remplit le but qu'on a cherché à atteindre par sa construction qu'en vertu de son poids, de la malléabilité de l'acier rougi, de la dureté de l'acier trempé, etc. Ces propriétés diverses le rendent propre à exercer une action de percussion qui produit en un instant des effets qui, si l'on en était privé, ne seraient obtenus dans quelques cas qu'avec une fatigue très-grande et le plus souvent ne pourraient nullement être obtenus.

On conçoit facilement à quelle accumulation de capital, c'est-à-dire de moyens de production perfectionnés et incorporés ainsi dans des outils, des machines de tout genre, parviennent les nations industrielles. Si, pour forger le moindre morceau de fer, il faut des forges munies de soufflets, des marteaux d'acier, des enclumes de poids considérable à surface aciérée et mille autres outils, que ne faudra-t-il pas pour filer, tisser, imprimer les étoffes si variées que produit l'industrie, pour fabriquer les machines les plus délicates, une montre, par exemple.

C'est ce capital qui comprend, bien entendu, la terre, ou plutôt le travail incorporé dans le sol pour en former l'appareil indispensable à la production du blé, les maisons qui procurent le logement aussi bien que les outils qui servent à produire les objets nécessaires aux vêtements, etc., qui forme l'héritage sans cesse croissant que les générations se transmettent les unes aux autres et qui permet de produire des quantités d'utilités sans cesse croissantes à l'infini, pour une même quantité de travail. Cette loi vraiment fondamentale est trop peu connue, puisque bien des ignorants s'imaginent que la richesse est une quantité déterminée, de telle sorte que l'enrichissement des uns fait la pauvreté des autres. Il importe beaucoup de la rappeler à l'attention de tous les gens jaloux de la richesse acquise et qui feraient bien mieux d'employer leurs efforts à en créer une nouvelle qui ne priverait personne, qu'à s'épuiser en regrets superflus de ne pas avoir leur part de celle déjà créée.

De la participation du capital à la production, il résulte cette conséquence très-importante que la production de la richesse croît avec le capital.

Nous plaçant d'abord au point de vue de la société tout entière, nous comprendrons facilement comment, à mesure que les moyens de production deviennent plus énergiques, plus parfaits, la production de la richesse va sans cesse croissant en intensité et en rapidité. Chaque exemple concret, l'étude de chaque industrie le démontre facilement. Si, dans un exemple déjà cité, sur un puits de houille, un homme enlevant un seau avec une corde et une poulie est remplacé par une machine à vapeur de cent chevaux que le même homme suffit à diriger, il est évident que la richesse produite a crû immensément pour un même travail humain actuel, grâce au concours des machines qui doivent être considérées comme du travail humain accumulé.

On comprend facilement d'après cela comment les économistes anglais considèrent avant tout le capital d'une nation et admettent volontiers que la production est proportionnelle au capital, et cela parce qu'ils considèrent comme constantes les forces dont nous parlerons ci-après. Cela est sensiblement vrai pour une même race, pour des nations ayant un même degré d'énergie et de vigueur morale; mais non pour des nations qui diffèrent par leur énergie et leur organisation industrielle.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

Ce qui est incontestable, c'est que, quand il y a peu de capital, la production est languissante, il y a peu de produits, la classe la plus nombreuse est vouée à la misère. Tout ce que peut obtenir le travailleur en s'exténuant, c'est une grossière nourriture qui l'empêche tout juste de mourir de faim. Si alors l'inégalité sociale permet du luxe à quelques-uns, c'est à une minorité tellement faible, que, même en la dépouillant pour reporter sur le plus grand nombre l'équivalent des plaisirs qu'elle se donne, l'existence de la masse n'en serait pas sensiblement changée.

L'accroissement du capital, au contraire, féconde le travail de mille manières. Les forces de la nature viennent se joindre à celles des bras de l'homme à l'aide de puissants appareils, et délivrent l'espèce humaine des travaux les plus pénibles et les plus humiliants, font disparaître presque tous les travaux qui n'exigent que l'emploi des forces musculaires. Le joug de la misère devient moins lourd et fait courber une moindre proportion de têtes; la condition humaine gagne sous tous les rapports, au moral comme au physique. Les témoignages de l'histoire sont incontestables à cet égard; mais combien il reste encore à faire? Certes, la position est bien meilleure aujourd'hui en France qu'autrefois, et pourtant on n'évalue qu'à 10 milliards les revenus de la France pour 35 millions d'habitants et 300 jours de travail, c'est moins de 1 franc par jour!

Si les capitaux, les produits accumulés par le travail des générations qui nous ont précédés ne peuvent jamais qu'être utiles pour la production de la richesse générale, en est-il de même pour la richesse individuelle, notamment de l'emploi des machines si souvent attaquées au point de vue des souffrances qu'elles imposent à l'ouvrier?

En effet, la mission du capital étant de faire exécuter par les forces naturelles ce qui s'exécutait antérieurement par le travail humain, il semble que, quelque bien qu'il confère à l'humanité, il doit nuire à la classe ouvrière, en diminuant la quantité de travail humain à effectuer. Mais comme le fait remarquer M. Bastiat, on se fait, en raisonnant ainsi, une illusion qui consiste en ce qu'on perd de vue ceci :

Le capital, à mesure que son action s'étend, ne met en disponibilité une certaine quantité d'efforts humains qu'en mettant aussi en disponibilité une quantité de rémunération correspondante, de telle sorte que ces deux éléments se retrouvant, se satisfont l'un par l'autre.

Là est en effet toute la réponse; sans doute il est vrai, comme on le fait observer habituellement, que le nombre des personnes qui vivent de l'imprimerie est infiniment supérieur au nombre des copistes avant l'invention de Guttenberg, le nombre des filateurs est plus de mille fois supérieur à ce qu'il était avant l'invention d'Arkwright, et ces inventions ont été de tout point pour l'humanité de sublimes progrès, mais de plus elles n'ont nullement diminué le travail humain, même au moment où elles ont paru.

L'individu qui faisait profession de copiste a bien pu éprouver de fâcheuses souffrances, s'il a été contraint à chercher un état différent de celui qui jusqu'alors l'avait fait vivre, mais en masse le nombre des ouvriers occupés n'a pas diminué.

Soit 1,000 la somme que la société consacrait à l'achat de manuscrits, la somme qui défrayait, par exemple, le travail de 100 copistes. Si pour 100 la même satisfaction peut être fournie à la société par 10 imprimeurs, grâce à l'invention de l'imprimerie, il lui restera 900 disponibles. Or, comme les désirs sont toujours supérieurs aux satisfactions, ces 900 sont sûrement toujours dépensés et viendront solliciter le travail de 90 ouvriers qui, sans cela, ne seraient pas occupés.

Donc, au point de vue de la société, les inventions qui viennent en quelque sorte rendre des industries tributaires du capital, qui, à l'aide de machines compliquées, font produire des objets manufacturés en grande partie par l'action des forces naturelles, ne privent même pas momentanément de travail un certain nombre d'ouvriers; s'il paraît en être ainsi, et si sous ce rapport il y a quelque chose de fâcheux dans un passage que la prévoyance et la bienfaisance doivent s'efforcer d'adoucir, c'est qu'on se place à un point de vue étroit; pour la société prise en masse il n'y a aucun dommage produit qui puisse amoindrir les immenses résultats de l'accroissement du capital.

Nous anticipons ici, malgré nous, sur les questions de distribution de la richesse, mais nous avons cru devoir élucider cette question importante aussitôt qu'elle se présentait.

Nous nous sommes surtout arrêté dans ce qui précède sur les capitaux-outils et devons comprendre avec les économistes, dans le capital, les matières premières accumulées qui sont bien nécessaires à la production des objets, mais n'en sont pas le moyen. Ces éléments de la production, que nous indiquons ici pour compléter l'énumération, permettent, comme nous le dirons bientôt, d'obtenir des profits en rendant la création possible et agissent ainsi indirectement; ils sont semblables, sous ce rapport seulement, qu'ils sont l'objet de la propriété comme les produits, mais nous croyons qu'ils doivent être distinguées du capital-outil, agent direct de la production.

Des Machines. — Ce serait ici le lieu de traiter avec quelques détails des fonctions que les machines, partie si importante du capital industriel, sont destinées à remplir, si ce n'était faire double emploi avec les matières traitées dans cet ouvrage et entrer dans la technologie à laquelle il est consacré. Nous nous contenterons de dire en quelques mots que les machines servent :

1° A transformer en mouvements facilement utilisables, la puissance mécanique des agents naturels;

2° A accumuler, régulariser, diviser, prolonger l'action de ces forces; par exemple à accroître ou diminuer la vitesse des outils, à faire parcourir à des points des chemins déterminés avec des vitesses voulues.

On voit clairement, d'après cela, comment les machines permettent de remplacer par les forces naturelles les forces musculaires qui sont développées dans le travail de l'homme, et quant à l'effort et quant aux divers mouvements nécessaires pour effectuer une opération déterminée. Les outils et machines outils opèrent en raison des propriétés constitutives des corps, la malléabilité, l'élasticité, qui permettent d'arriver à la transformation de leurs formes.

On pourrait de même chercher à résumer en quelques mots le mode d'action des appareils qui servent à utiliser les propriétés chimiques et physiques des corps, c'est-à-dire les mouvements de leurs premiers éléments, et qui, comme les machines dans la production industrielle, permettent d'utiliser l'action des lois naturelles.

On doit distinguer en physique trois classes de phénomènes, savoir : ceux qui se rapportent à la chaleur, à la lumière, à l'électricité.

Chaleur. — Appareils de production de la chaleur, de distribution, — de fusion, — de vaporisation.

Lumière. — Appareils de production, de diffusion de la lumière, — de concentration par déviation des rayons lumineux.

Électricité. — Appareils pour produire, propager l'électricité.

Affinités chimiques des corps. — L'utilisation des affinités chimiques s'obtient par juxtaposition des corps, le plus souvent sous l'influence des actions produites dans un des appareils précédents, dans des conditions déterminées par la science pour réagir les uns sur les autres, se transformer par action réciproque.

Forces vitales. — Le travail qui permet d'utiliser les forces vitales de la manière la plus profitable consiste à disposer des corps dans des conditions telles que la vie végétale et la vie animale puissent se produire avec succès, ce qui s'obtient à l'aide de travaux mécaniques et des forces chimiques.

III. DES ÉLÉMENTS MORAUX DE LA PRODUCTION.

Le travail et le capital sont : l'un le moyen, l'autre l'instrument de la création de la richesse ; pour une nation déterminée, l'analyse de la production paraît complète lorsqu'on a analysé ces deux éléments, et que la statistique a établi l'importance des richesses natureiles de tout genre que possède un pays, de celles qui diffèrent d'une contrée à l'autre. Telles sont la fertilité du sol, les richesses minérales, etc., en un mot ce sur quoi s'exerce l'activité humaine (1). Mais il est une observation à faire,

1. Peut-être sera-t-on étonné de voir la Statistique considérée comme base des études économiques ; pourtant à quoi servirait-elle si ce n'est à indiquer les points vers lesquels doit être portée l'activité d'une nation pour l'élever au plus haut degré possible de prospérité ?

c'est que le travail de chaque homme n'est pas une quantité invariable, c'est que l'homme est bien loin d'être doué partout du même degré d'énergie, de savoir industriel ; aussi est-il en général sous-entendu, entre l'auteur et le lecteur, à l'insu de tous deux le plus souvent, que le travail et le capital seront mis en œuvre conformément aux mœurs de la nation à laquelle ils appartiennent. Ainsi, quand il s'agit d'Économistes anglais, on suppose qu'il s'agit d'une nation où la liberté individuelle, la sécurité de la propriété, la connaissance théorique et pratique de l'industrie, l'énergie pour acquérir et produire, l'estime et la considération qui accompagnent le succès, etc., sont les mêmes qu'en Angleterre.

Ce sont, en réalité, ces premiers éléments qui tiennent intimement à l'état avancé de civilisation d'un peuple ; ces causes du travail, de l'énergie de l'homme, ces développements de science et d'intelligence appliquées à la production qui doivent être considérés comme les éléments moraux de la production ; ils constituent le grand ressort qui fait mouvoir notre société civilisée, ce sont les forces productives premières de toute prospérité, et on serait exposé aux plus grands mécomptes si on n'y pensait pas toujours en traitant de questions où l'activité humaine est surtout à considérer. On n'est pas plus utile à la société, économiquement parlant, en produisant des richesses que des forces productives, comme le fait par exemple l'instituteur qui élève la nouvelle génération. La prospérité d'un peuple dépend surtout du degré de développement des forces productives à l'aide desquelles il saura bientôt créer par son travail une grande abondance de richesses. C'est ce qu'ont bien démontré les rapides progrès dans l'industrie de la France et de l'Allemagne, dès que s'y sont adonnés ces deux pays où l'étude des sciences et la culture des arts avaient toujours été prospères.

Ainsi donc il est quelque chose de plus important que la richesse même, que les moyens matériels de créer cette richesse ; c'est la puissance intellectuelle, l'énergie nécessaire pour les mettre en jeu et produire ainsi la richesse. Nous devons tenir grand compte de ces éléments dans ce travail fait au point de vue de la production, car l'analyse serait incomplète si elle ne remontait aux causes de la détermination de l'homme à se livrer à un travail énergique. On borne en général cette analyse au besoin, à la faim du travailleur ; si c'est là en effet la cause principale des efforts du manœuvre, ce n'est pas la cause des travaux moralement bien plus énergiques du chef d'industrie. C'est du degré de civilisation, de l'organisation tout entière de la nation qu'ils dépendent.

La subordination du capital aux facultés de travail d'une nation mérite d'être bien comprise. Supposons que dans un pays possédant un énorme capital en terres, maisons, chemins de fer, routes, canaux, etc., on cesse une année de labourer, d'ensemencer les terres, que le travail soit arrêté dans les usines ; immédiatement les intérêts de tous les capitaux payés par le travail producteur et par le travail seul cessent d'être engendrés; ils ne viennent plus rétribuer les capitaux immobilisés, et si la position se prolonge, ceux-ci disparaissent.

Ce qui importe donc par dessus tout, c'est le travail producteur incessant, qui fait croître rapidement le capital, et qui ne peut s'arrêter sans faire disparaître les capitaux accumulés. C'est suivant cette loi que les nations s'enrichissent ou s'appauvrissent, c'est ce que la moindre observation fait reconnaître pour les nations en croissance, ou en décroissance par suite de guerres, de révolutions, etc.

IV. DE L'ÉCHANGE. — DE LA VALEUR. — DE SON ÉVALUATION EN TRAVAIL.

La division ou l'organisation du travail repose en réalité et n'est possible que par suite d'un phénomène qui s'applique au travail, comme à toutes les richesses dans lesquelles il s'incorpore. Chacun ne peut borner son travail à produire une seule utilité qu'autant qu'il peut échanger contre elle toutes les utilités propres à la satisfaction de ses besoins et de ses désirs. C'est par le phénomène de l'échange que la société libre se révèle ; il n'y aurait pas société dans une agglomération d'individus n'ayant rien de commun les uns avec les autres; il n'y aurait qu'esclavage si chacun ne pouvait disposer de son travail. L'homme qui est, suivant Aristote, un animal sociable ; au point de vue économique, est un être qui échange.

L'échange, comme tous les phénomènes qui ont leur règle dans la liberté individuelle, relève d'une loi qui n'est que l'expression même de cette liberté, celle de l'offre et de la demande.

L'échange libre ne peut avoir lieu que par l'offre d'une marchandise et la demande de cette même marchandise : c'est là le fait même de la transaction qui constitue l'échange librement consenti, le fait commercial indépendant de l'objet échangé. S'il y a des milliers d'offres pour une seule demande, l'échange sera défavorable à ceux qui offrent; l'inverse aura lieu dans le cas contraire. De ce fait se déduit le *prix-courant* des marchandises, c'est-à-dire la quantité d'une certaine marchandise type, d'un certain poids d'or ou d'argent, contre laquelle elles se troquent tel jour sur tel marché.

Ce prix courant, variable avec la rareté, le désir de l'acquéreur, etc., ne doit pas être confondu avec *la valeur*. Bastiat, qui a creusé très-

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

profondément la notion de la valeur, la définit *le rapport de deux services échangés*, parce qu'en effet c'est dans l'échange qu'apparait la notion de mesure de la valeur, elle cesse d'être en quelque sorte cachée derrière l'utilité. Cette définition permet de faire rentrer dans l'Économie politique toutes les valeurs immatérielles, les services de l'avocat, du médecin, de l'homme d'État, qui ne sauraient sans inconvénient en être distraits; mais sans entrer dans la discussion de savoir s'il ne vaut pas mieux les considérer seulement comme destinés à développer, à conserver les forces productives, quand on se borne aux produits du travail dans l'industrie, à l'économie industrielle proprement dite, nous pensons qu'il faut s'en tenir à la théorie de Ricardo, qui consiste à considérer *la valeur comme réglée par les frais de production;* à distinguer ainsi complétement la valeur réelle du prix momentané d'un objet, à le considérer virtuellement, indépendamment de tout échange qui fixe le prix.

En restant donc dans les conditions d'une société livrée au travail de la production, où les échanges s'opèrent avec toute sécurité, toute liberté, le prix-courant se rapprochera beaucoup de la valeur et pourra souvent servir à la déterminer. En effet, si j'ai besoin d'un produit quelconque, j'ai deux moyens pour me le procurer : soit de le créer directement, moi-même, soit de créer par mon travail habituel un produit que j'échange avec celui que je désire, et que mon voisin crée par son travail de chaque jour. Mais s'il veut échanger le produit qu'il possède et qui lui a coûté une journée de travail, contre le mien qui m'a coûté quinze jours de travail, je préférerai le créer moi-même ou plutôt je trouverai un autre travailleur plus raisonnable, qui se contentera du remboursement de ses frais et de la rémunération de ses efforts, avec lequel je pourrai faire un échange en proportion des quantités de travail. Pour les produits manufacturés surtout, comme l'augmentation de prix résultant de la rareté fait croître rapidement la production, de même que l'avilissement résultant de l'encombrement le fait diminuer, par l'impossibilité de retirer les frais de production, la moyenne de cette oscillation le rapproche beaucoup de la valeur telle que la définit Ricardo.

Il importe de remarquer que la formule de Ricardo est en réalité très-voisine de celle de Bastiat. Dire que la valeur d'un objet est réglée par les frais de production, c'est dire que le travail et les sacrifices de nature quelconque qu'il faudra faire pour le créer produiront un objet donnant droit, par l'échange, à une certaine quantité de services. C'est-à-dire que l'échange consommé, la valeur reconnue sera en réalité le rapport de deux services échangés, comme le veut Bastiat ; mais avant l'échange, pourvu toutefois que celui-ci soit possible, soit certain, comme dans nos sociétés pour tous les objets dont le

travail industriel se propose la production, ceux-ci ont une valeur plus ou moins réalisable sous forme de prix courant, valeur qui doit s'apprécier comme l'indique Ricardo.

Nous trouvons à l'adoption de cette formule le grand avantage de séparer la valeur du prix courant fixé par l'échange; cette distinction est très importante en Économie industrielle, en ce qu'elle permet de sainement apprécier le travail qui produit l'accroissement de richesses pour la société par la multiplication des valeurs, et de le distinguer nettement du jeu, qui produit l'enrichissement individuel par l'accaparement, l'agiotage, etc., au détriment du plus grand nombre, sans bénéfice pour la société : notion fondamentale trop souvent négligée de nos jours.

De la définition de la valeur se déduit la notion de la partie en quelque sorte mathématique de l'Économie industrielle. En chaque instant, dans un état donné de l'industrie d'un pays ou d'une époque, une quantité de frais déterminée étant nécessaire pour créer un produit, on peut établir le tableau de toutes les valeurs qui se rencontrent, la proportionnalité des valeurs. Sans doute, comme tous les Économistes l'ont constaté, les prix de tous les objets varient continuellement avec les progrès de l'industrie et de la richesse générale; ce qui est d'autant plus évident que ces prix ne peuvent être représentés que par un nombre d'unités d'une même valeur, elle-même variable avec les frais de sa production. Mais cet effet ne doit pas être confondu avec la variation de la valeur, qui dépend surtout de la quantité de travail humain incorporée dans chaque production. Le changement de l'unité de rémunération de ce travail causant une modification correspondante pour tous les produits, les proportions ne changent pas avec les variations de grandeur de l'unité, et par suite la science qui s'occupe des valeurs, des rapports, peut arriver à des résultats, à des lois certaines, quelque difficulté que l'on ait d'ailleurs à dresser à une époque déterminée, et à plus forte raison à des époques différentes, le tableau des valeurs.

Nous reviendrons dans un instant sur cette question de la proportionnalité des valeurs, après avoir parlé de la monnaie; nous compléterons seulement l'exposition de ces notions en montrant comment la vérité avait été clairement entrevue par le fondateur de l'Économie politique moderne. « Le prix réel de chaque chose, dit Adam Smith, ce que chaque chose coûte réellement à celui qui veut se la procurer, c'est le travail et la peine qu'il faut s'imposer pour l'obtenir... Ce qu'on achète avec de l'argent ou des marchandises est acheté par du travail, aussi bien que ce que nous acquérons à la sueur de notre front. Cet argent, ces marchandises contiennent la *rémunération* d'une certaine quantité de travail, que nous échangeons contre ce qui est supposé alors contenir la *rémunération* d'une quantité égale de travail (1)... Ce n'est point avec de l'or ou de l'argent, c'est avec du travail que toutes les richesses du monde ont été achetées originairement; et leur valeur pour ceux qui les possèdent, et cherchent à les échanger contre de nouvelles productions, est précisément égale à la quantité de travail qu'elles le mettent en état d'acheter. »

La confusion du prix courant et du prix réel de la valeur peut sortir facilement de la similitude des noms, comme cela a eu lieu en effet, mais la distinction était bien nettement dans l'esprit d'Adam Smith. Ceci au reste n'infirme en rien la justice qu'on doit rendre à M. Bastiat, pour avoir mis en parfaite lumière la notion de la valeur dans son beau livre des *Harmonies économiques*, résultat de la discussion qu'il dut soutenir pour raffermir les principes fondamentaux de toute société, ébranlés par la révolution. Citons une des plus importantes observations auxquelles il est arrivé dans ses belles recherches sur la distinction à faire entre la valeur et l'utilité.

« Dans les transactions ordinaires de la vie, on ne tient pas compte de l'utilité, à mesure qu'elle devient *gratuite* par l'abaissement de la valeur. Pourquoi? parce que ce qui est gratuit est *commun*, et ce qui est commun n'altère en rien la part proportionnelle de chacun à la richesse effective. On n'échange pas ce qui est commun; et comme dans la pratique des affaires, on n'a besoin de connaître que cette proportion, qui est constatée par la valeur, on ne s'occupe que d'elle. » Observation qui explique parfaitement comment le progrès général se manifeste chaque jour par l'abaissement de la valeur.

En résumé, la valeur a sa source dans l'effort, le travail; le prix d'un objet varie en raison directe de l'offre et en raison inverse de la demande, et oscille autour de la valeur fixée par les frais de production; celle-ci ne réside nullement dans l'utilité, dans la matière elle-même, ce n'est que par métonymie qu'on l'applique à celle-ci. Si la valeur ne peut se transformer en prix courant rémunérateur, le vendeur aime mieux garder (si l'objet peut se conserver), et la production s'arrête; inversement si le prix courant est très supérieur à la valeur, l'acheteur préfère attendre que de nouveaux produits paraissent sur le marché, et la production se multiplie. Quant à la richesse générale, elle augmente avec la multiplication des valeurs, et n'est pas affectée par la variation des prix courants.

De la Monnaie.

La notion de prix et de valeur que nous venons de rencontrer demande, pour être complète, que nous entrions dans l'étude de la monnaie.

On peut sans doute supposer, comme nous l'a-

(1) La notion de propriété intervient nécessairement dans celle de l'échange, puisqu'on ne peut échanger que ce que l'on possède.

vons fait jusqu'ici, que les produits du travail d'un producteur trouvent toujours à s'échanger contre ceux d'un autre, les deux producteurs désirant mutuellement acquérir le produit l'un de l'autre. En pratique il n'en est pas ainsi : un libraire, par exemple, ne peut guère payer son boulanger, son boucher avec des livres; cet échange direct serait bientôt arrêté et la circulation ne pourrait se prolonger longtemps, s'il n'existait une marchandise exceptionnelle, toujours reçue avec empressement en échange de toutes les autres, la *monnaie*.

C'est parce que les métaux précieux sont inaltérables; que leur pureté, leur poids est garanti par le monnayage, que par suite de leur rareté ils représentent sous un faible poids une quantité de travail importante, que la monnaie joue avec tant d'avantages le rôle de marchandise par excellence, qui la fait toujours rechercher avec empressement.

Grâce a cet intermédiaire, tout échange de produits se résout en une double opération. Nous vendons un produit, c'est-à-dire l'échangeons contre du numéraire; avec celui-ci nous achetons un autre produit, c'est-à-dire échangeons de la monnaie contre celui-ci. Ce qui nous importe donc finalement, c'est la quantité de produits quelconques que nous trouverons à échanger contre un produit, et non pas seulement la quantité d'or et d'argent contre laquelle on pourrait l'échanger. C'est parce que la monnaie est avant tout une marchandise, que l'on ne peut soutenir comme raisonnable le système de la *balance du commerce*, avec lequel les politiques ont cru bien souvent enrichir les nations, et qui consistait à employer toutes les ressources de l'État pour accumuler les métaux précieux dans un pays, en favoriser l'importation et en défendre l'exportation.

La monnaie sert non-seulement à faciliter les échanges, elle fournit aussi le moyen d'apprécier à un instant donné toutes les valeurs en une autre valeur, de manière à pouvoir comparer celles-ci entre elles. Ainsi les rapports des valeurs d'une maison et d'un cheval seront bien déterminés si l'on sait que la maison se vendrait 50,000 fr., le cheval 2,000 fr. Le rapport de ces deux valeurs sera de 25 à 1, quelle que soit la monnaie qui aura servi pour apprécier les deux objets. Bien entendu que nous supposons les prix fixés en dehors des causes de variation dont nous avons parlé à propos des prix courants, que nous parlons de prix d'évaluation.

Mesure des valeurs. Nous venons de voir que les valeurs pouvaient, au moins approximativement, se mesurer à l'aide de la monnaie, que celle-ci nous fournissait l'unité à l'aide de laquelle celles-ci s'appréciaient : il y a donc science, puisqu'il y a mesure et relation. Quelques personnes ont voulu aller plus loin, et comparer les valeurs dans des lieux différents et à des époques différentes.

Évidemment la monnaie ne peut plus servir dans ce cas, car, valeur elle-même, la monnaie est assujettie à la loi des frais de production. C'est ainsi que la découverte de l'Amérique a diminué de plus de moitié la valeur de l'or, et qu'on n'a pas maintenant pour un même poids d'or la moitié du blé qu'on avait avant la découverte de l'Amérique. C'est ainsi que, de nos jours, lorsqu'en Californie et en Australie on trouve beaucoup d'or, que l'intelligente et énergique race anglo-saxonne se substitue aux indolents Mexicains, peuple des déserts inhabités jusqu'ici, que par l'application des forces mécaniques et chimiques on réduit chaque jour les frais de production, nous assistons à un semblable spectacle et sentons chaque jour diminuer quelque peu la valeur de l'or.

En s'attachant à évaluer la valeur du travail producteur lui-même, ou son incarnation dans un travail qui a peu varié, tel que le travail du terrassier ou celui de la production du blé, on a cru pouvoir dresser l'échelle des valeurs aux diverses époques, évaluées en valeurs de nos jours.

Ces recherches faciles pour chaque pays et même pour des pays différents, en un même moment, lorsque la monnaie se déplace facilement d'un pays dans l'autre, ne peuvent fournir qu'une approximation peu exacte pour des époques diverses.

En effet, le sacrifice qui se fait à chaque instant pour rémunérer l'unité de travail est loin d'être le même dans les diverses sociétés qui se sont succédé; ainsi de nos jours un Indou, un Chinois ou un Anglais effectueront des quantités de travail très différentes en échange d'une même quantité de blé ou de riz; c'est ainsi que dans les États-Unis du Sud, la journée de travail des nègres correspondait à une chétive subsistance; tandis que dans les États du Nord, le travailleur libre n'échangeait son travail que contre une quantité considérable de produits. Ce que l'on voyait là a existé dans les diverses sociétés pour des degrés différents de civilisation, et montre qu'il existe pour chaque société une différence très grande dans la rémunération d'un même travail, différence qui a sa cause dans la disproportion qui y règne entre les produits accumulés et les besoins (voyez SALAIRES), de telle sorte que la valeur du travail, du blé, n'est pas constante. Mais pour chaque époque, pour des états de sociétés donnés, la variation lente de l'unité n'altère pas les rapports, les valeurs que considère l'Économie industrielle; les rapports restant les mêmes dans tout l'ensemble, les valeurs, les richesses sont toujours représentées par les mêmes chiffres, et tous les théorèmes de la science restent également vrais.

Variation des prix.

Nous extrairons d'un curieux tableau donné par Babbage, dans son *Économie des manufactures*, quelques chiffres relatifs à la variation de prix d'objets fabriqués à diverses époques assez rapprochées, qui appartiennent au grand mouvement

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

industriel de notre siècle. Ils montrent combien la valeur des produits manufacturés va sans cesse en diminuant avec la perfection des machines, la bonne économie de la fabrication; combien les articles usuels ont tendu rapidement vers la gratuité, à mesure que la richesse s'est accrue en Angleterre :

OBJETS.	1818.	1824.	1828.	1830.
	fr.	fr.	fr.	fr.
Enclumes, pour 50 kilog.	29,00	23,00	18,56	15,08
Verrous (15 centimètres de longueur), la douzaine..	6,96	5,80	3,75	2,90
Boutons d'habit, au paquet.	5,22	5,25	3,48	2,51
Chandeliers en cuivre, la paire.....	3,48	2,32	1,85	1,36
Platines de fusils ordinaires, chaque.....	6,96	6,00	1,35	1,74
Pelles et pincettes, la paire.	1,16	1,16	0,87	0,87

Pour tous les produits manufacturés de semblables tableaux sont possibles; on y verrait, par exemple, la toile de coton passant de plusieurs francs à 1/2 franc le mètre, et toujours le travail accumulé dans ce genre de produits tendant vers zéro. D'où ce fait curieux : pendant que le prix de tous les services augmente avec l'enrichissement d'une société, seuls les produits manufacturés baissent de prix.

V. EFFETS D'UNE GRANDE PUISSANCE PRODUCTIVE.

Le progrès d'ordre économique qui transforme l'humanité de nos jours ne saurait être contesté. Grâce au développement des sciences positives, l'industrie disposant de moyens d'action de plus en plus puissants, de capitaux qui vont en s'accumulant, multiplie dans une grande proportion la quantité d'utilité produite par le travail industriel; chaque producteur arrive à produire, aidé par des machines, de 30 à 200 fois le travail qu'on peut obtenir à la main (travail des filatures, mouture des grains par exemple). D'où comme conséquence forcée : accroissement du nombre d'individus qui peuvent échapper aux fatigues d'un pénible labeur et sont sollicités à développer leur intelligence, n'étant plus écrasés par le travail matériel.

A une très-petite puissance productive, comme celle que les monuments de l'histoire permettent de constater pour les premiers âges de la civilisation, correspond la dépendance à peu près absolue du grand nombre. Le commun des hommes est tenu à la tâche, à la chaine; ses forces sont excédées, et une sorte de fatalité commande qu'il en soit ainsi, afin qu'il puisse y avoir une production suffisante pour les premiers besoins de la société et un peu d'éclat autour de l'existence des chefs. Dans la Grèce antique, le nombre des esclaves était grand en comparaison des hommes libres, et il en fut de même à Rome. En un mot, l'esclavage est l'affligeant corrélatif d'une puissance productive très-restreinte chez l'individu et dans la société. Il perd toute raison d'être et tout prétexte, lorsque la puissance productive est devenue grande ou seulement médiocre.

Pendant le moyen âge, par suite des guerres incessantes, de la stagnation des sciences, de la tendance mystique du christianisme, il n'y eut guère de changement que pour les hommes laborieux des communes, livrés aux travaux de l'industrie qui commençait à s'organiser.

Mais depuis que dans les temps modernes la puissance productive de l'homme a beaucoup grandi, et que cet agrandissement s'est manifesté dans le plus grand nombre des branches de l'industrie, la production étant grande relativement au nombre des membres de la société, il devient de plus en plus possible d'assigner à chacun une part suffisante pour le soustraire au dénûment. Chacun produisant davantage a été fondé à réclamer un lot plus fort sur l'ensemble des produits qui résultent du travail de ses semblables (Voir ci-après DISTRIBUTION).

Lorsqu'un pays produit dix fois plus qu'autrefois d'articles usuels, tels que tous ceux qui sont propres au vêtement, à l'habitation ou à l'ameublement, le débouché naturel à cet accroissement de production, c'est que chaque famille ait pour sa part, chaque année, une plus grande quantité de ces articles.

La diminution de plus en plus grande de la fatigue corporelle et par suite la vie intellectuelle rendue possible, tandis qu'elle est incompatible avec un travail écrasant, tels sont les résultats généraux du progrès dont nous parlons qui a amélioré sensiblement les conditions d'existence normale, pour tous, dans les sociétés modernes.

Pour faire apprécier le développement de la puissance productive chez les nations modernes, je donnerai ici l'évaluation, faite par Fairbairn, du nombre et de l'effet des machines à vapeur qui fonctionnent aujourd'hui dans la Grande-Bretagne. Il s'est appliqué à rechercher quel nombre de travailleurs représentait la force mécanique totale développée par ces machines.

D'après Fairbairn, les mines et les usines où l'on travaille les métaux emploient un nombre de machines à vapeur qui représentent un total de 450,000 chevaux-vapeur; les manufactures de différente nature, 1,350,000 chevaux; la navigation, 850,000, et la locomotion 1,000,000, ce qui représente un total général de 3,650,000 chevaux-vapeur. Mais considérant que ces machines travaillent en général au triple de leur force nominale, Fairbairn porte à 11,000,000 le chiffre précédent.

Si les 11,000,000 de chevaux-vapeur travaillent ensemble pendant toute l'année, et dix heures

par jour, ils produisent un effet dynamique prodigieux, que l'auteur calcule comme il suit :

Un cheval-vapeur, représentant 75 kilog. élevés à un mètre de hauteur en une seconde, 11,000,000 de chevaux soulèveraient 825,000,000 de kilogrammes pendant le même temps, ou bien 825,000 tonnes métriques.

Pour produire le même travail qu'un cheval-vapeur, il faut au moins *sept hommes* robustes ; par conséquent, les 11,000,000 de chevaux de fer créés par le génie de Watt équivalent à 77,000,000 d'esclaves, c'est-à-dire à la portion valide d'une population servile de 250,000,000 d'âmes, plus que n'en possèdent les Indes, presque autant que la Chine, cinquante fois plus que les planteurs du sud des États-Unis n'employaient de nègres. Quel magnifique résultat dû à l'intelligence humaine !

DISTRIBUTION DE LA RICHESSE.

La seconde partie de l'Économie politique traite de la distribution de la richesse. Cette partie de la science touche de bien près à la science du droit, c'est en quelque sorte le résumé de ce qu'il y a d'économique dans cette science.

En effet, quelle est la question ? Une richesse étant créée, à qui appartient-elle ? Ce sont les réponses à cette question qu'il s'agit de formuler, et c'est bien là du droit.

De la Propriété des fruits du travail.

Nous pouvons poser, comme base de toute déduction, cette vérité première, que nous avons admise quand nous avons traité de l'échange ; car, pour échanger, il faut pos-éder ce qu'on échange :

« Chacun est propriétaire du fruit de son travail, de l'œuvre qu'il a créée. »

Il serait oiseux de montrer que cet axiome est la base de tout progrès, que les pays dans lesquels chacun n'est pas assuré de posséder le fruit de ses efforts, comme les pays orientaux, sont inévitablement plongés dans une misère irrémédiable.

Pourtant cette vérité a été contestée même en France, dans ces derniers temps, et, par une aberration étrange, on a confondu des principes complétement différents.

On n'a rien pu trouver à objecter directement à ce raisonnement capital. Si je m'exténue à créer un produit, à force de travail, pendant que mon voisin se repose, lui dois-je quelque chose du produit que j'ai créé, et a-t-il droit à en venir revendiquer sa part ?

Dans l'impossibilité de nier l'évidence de ce raisonnement, on l'a traité d'égoïste, et l'on a dit que le dévouement, la fraternité, faisaient une loi à chacun d'apporter à la masse commune les produits de son travail pour les voir répartir, soit également, soit en raison des besoins de chacun ; enfin que je devais partager avec mon frère, fût-il un paresseux, ce que j'ai créé par mon travail.

En nous gardant bien d'entrer dans l'examen sérieux du système communiste, n'est-il pas évident qu'il est fondé sur le dévouement ? Or, le dévouement, le sacrifice ou le droit sont des choses tout à fait distinctes.

J'ai droit au fruit de mon travail, il m'appartient incontestablement, et ce n'est qu'à cause de la certitude que l'État remplira le premier but de son existence en faisant respecter cette propriété entre mes mains, que je me suis donné le mal nécessaire pour la créer. Si maintenant un prêtre, un philosophe m'inspire un dévouement assez ardent pour que je sacrifie cette propriété à une œuvre quelconque, personne n'a rien à y voir. Mais le mérite moral n'existe qu'autant que mon sacrifice est volontaire. Si vous voulez m'imposer un dévouement que je ne sens pas, vous violez mon droit, vous me réduisez en esclavage en me contraignant à travailler pour les autres, vous me dépouillez de ce qui m'appartient légitimement.

On doit donc se garder de confondre le droit et le sacrifice, confusion qui a obscurci des notions tellement claires, que leur négation par quelques esprits est à peine croyable au dix-neuvième siècle.

Bastiat, en creusant la question de propriété, est arrivé à des conséquences d'une grande importance et les a formulées avec une grande netteté.

La propriété, dit-il, est le droit de s'appliquer à soi-même ses propres efforts, et de ne les céder que moyennant la cession en retour d'efforts équivalents.

Tirant les conséquences de cette définition indiscutable, il ajoute : Tout homme jouit *gratuitement* de toutes les utilités fournies ou élaborées par la nature, à la condition de prendre la peine de les recueillir, ou de restituer un service équivalent à ceux qui lui rendent le service de prendre cette peine pour lui.

Il y a là deux faits combinés, fondus ensemble, quoique distincts dans leur essence. Il y a là les dons naturels, les matériaux gratuits, les forces gratuites, c'est le domaine de la *communauté*. Il y a de plus les efforts humains, essentiellement personnels, consacrés à recueillir péniblement ces matériaux, à diriger ces forces, à l'aide d'efforts qui s'échangent, *s'évaluent* et se compensent : c'est le domaine de la *propriété*.

En d'autres termes, à l'égard les uns des autres, nous ne sommes pas propriétaires de l'utilité des choses, mais de leur valeur.

Propriété, communauté, sont deux idées corrélatives à celles d'*onérosité* et de *gratuité*, d'où elles procèdent.

Ce qui est *gratuit* est *commun*, car chacun en jouit et est admis à en jouir sans conditions.

Ce qui est *onéreux* est *approprié*, parce qu'une peine à prendre est la condition de la satisfaction, comme la satisfaction est la raison de la peine prise.

Ce recours à une peine implique l'idée d'un obstacle. On peut donc dire que l'objet cherché se rapproche d'autant plus de la gratuité et de la communauté que l'obstacle est moindre, puisque l'absence complète de l'obstacle entraîne la gratuité et la communauté parfaites.

Sécurité de la propriété.

C'est pour arriver à la consommation par la distribution, à jouir du fruit de son travail, que l'on fait des efforts; la première condition, sans laquelle tout travail est impossible, est donc la sécurité dans la propriété, dans la jouissance du fruit du travail. C'est sans contredit le principal but de la société que de faire respecter le fruit du travail de chacun, la principale raison d'être de tout gouvernement.

Que l'on étudie les époques de décadence et de misère des nations, et l'on verra que toujours elles ont coïncidé avec le manque de sécurité dans la propriété.

Si d'autres nations, au contraire, ont passé par les plus rudes épreuves, les ont admirablement supportées, ont vu se cicatriser avec une extrême rapidité les plaies qui les faisaient souffrir, il suffit d'étudier la situation économique de ces nations pour reconnaître bientôt que le respect, la sécurité de la propriété a été le cachet de ces époques de réparation.

Mac Culloch, économiste anglais, après avoir cherché à approfondir toutes les causes qui ont amené la nation anglaise à une si grande richesse, arrive, par élimination de causes successives qui ne lui paraissent pas absolument indispensables, à les réduire à une seule, la sécurité parfaite dont a toujours joui la propriété individuelle en Angleterre. Dans aucun pays, en effet, non-seulement les institutions, mais surtout les mœurs n'ont entouré la propriété de plus de respect; nulle part on n'a moins craint d'être dépouillé du fruit de son travail, nulle part aussi n'a-t-on autant travaillé, autant créé de richesse.

Nos temps de révolution ne nous ont que trop montré comment la moindre attaque, même indirecte, à la propriété fait fondre, en quelque sorte, toutes les fortunes, en engendrant des paniques qui font pour la destruction des richesses plus de prodiges encore que le crédit, dans les temps prospères, pour leur création.

I. RÉMUNÉRATION DU TRAVAIL. — DES SALAIRES.

Nous avons établi, comme la base fondamentale de la distribution, cet axiome d'une évidence incontestable: *chacun est propriétaire du fruit de son travail*. Rien ne serait plus simple que cette partie de la science, si chacun était en même temps producteur et consommateur de ses produits, si chacun produisait toutes les utilités nécessaires à la satisfaction de ses besoins, comme le fait l'homme isolé. Mais dans la société s'introduit l'important élément de la division du travail et de l'échange, et par suite le producteur ne s'occupe plus des utilités qui correspondent à ses besoins les plus immédiats, mais seulement des valeurs; il produit en général une seule espèce de valeur et consomme une multitude d'utilités diverses, ou accumule par l'épargne les richesses qu'il a créées. De là résulte un immense accroissement de richesses, mais aussi de cet enchevêtrement du travail et de l'échange naît la complication extrême du problème de la distribution. Ce sont les questions qu'il comprend qui sont les plus irritantes parmi celles qui sont agitées dans les sociétés modernes, ce sont les formules des diverses solutions qu'on peut lui donner, que les partis politiques inscrivent sur leurs drapeaux dans les jours de révolution.

Le principe que nous avons posé n'en est pas moins vrai, parce que le travail de plusieurs concourt à la création d'un produit, que s'il était le résultat des efforts d'un seul producteur. Seulement chacun de ceux qui y ont concouru ne saurait justement prétendre être seul possesseur de la valeur produite, il doit compter avec ses collaborateurs. En un mot, chacun devant être possesseur du fruit de son travail, la valeur d'un objet est la somme des valeurs produites par le travail successif de chacun, et chacun est possesseur légitime de la valeur que son travail a ajouté à l'objet fabriqué.

Appliquons ce principe à la réalité des transactions, pour en déduire les règles qui doivent y présider pour qu'elles soient équitables.

La loi de rémunération du travail par la propriété de la valeur créée, ou, ce qui est la même chose, d'une valeur équivalente, se traduit en des usages qui en paraissent très-éloignés et dont la filiation ne peut se comprendre qu'en disant d'abord quelques mots de la théorie qui préside à toutes les transactions libres, celle des profits et des pertes.

Nous avons soigneusement distingué le prix des objets de leur valeur; la création et par suite la propriété d'une valeur sera une cause de profit ou de perte, suivant que le prix courant sera supérieur ou inférieur à la valeur.

Je produis par deux journées de travail un objet et j'en trouve un prix, je trouve à l'échanger contre un objet que l'on ne peut produire en moins de trois journées de travail; je bénéficie par cet échange d'une journée de travail; il y a profit pour moi, perte pour celui qui échange avec moi, car par la répétition d'opérations semblables, il en arriverait à perdre tout le fruit de son travail. La justice est dans l'échange de valeurs égales, ce que n'entraîne pas toujours, sur tous les marchés, l'é-

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

change à prix égaux, en raisonnant sur la valeur-type, sur la monnaie.

Par quel procédé cette égalité tend-elle à s'établir entre les valeurs des marchandises échangées? Par la liberté des transactions, qui permet à chacun d'offrir la valeur qu'il produit et de demander celles dont il a besoin, par la concurrence.

Sans la concurrence, non-seulement l'échange ne tendrait pas à s'effectuer à valeur égale, mais encore il aurait lieu entre des utilités très-différentes.

Il est aisé de comprendre, dit Bastiat, que, sans la loi de la concurrence, l'inégalité des dons de Dieu amènerait une inégalité correspondante dans la condition des hommes. Quiconque se trouverait à la portée d'un avantage naturel en profiterait pour lui, mais n'en ferait pas profiter ses semblables. Il ne permettrait aux autres hommes d'y participer, par son intermédiaire, que moyennant une rétribution excessive, dont sa volonté fixerait arbitrairement la limite. Les limites extrêmes possibles sont manifestement la *peine prise* par celui qui rend le service, et la *peine épargnée* à celui qui le reçoit. Sans la concurrence, rien n'empêcherait d'atteindre toujours la limite supérieure.

La concurrence faite de bonne foi (car nous devons laisser de côté tout ce qui est supercherie et tromperie, ce qui est, en un mot, du ressort de la police) est donc la condition de la justice dans l'échange. C'est par la concurrence, c'est par la loi de l'offre et de la demande universelle, qui en est l'expression, que dans une société libre tous les efforts et toutes les intelligences sont amenés à déterminer le prix des objets. Ce ne peut donc être que par des oscillations perpétuelles autour de la valeur, c'est-à-dire par des alternatives de profits et de pertes, d'avantages et de sacrifices, que le prix de chaque objet est fixé en chaque instant.

Il était nécessaire d'établir cette proposition pour pouvoir comprendre sur quelles bases s'établissent les rémunérations fixes que nous allons rencontrer, en passant en revue la distribution des produits du travail.

Rémunération de l'ouvrier. — Des salaires. Le premier producteur de valeur est l'ouvrier, et sa rémunération doit être d'une valeur égale à celle qui est produite par son travail.

Dans la pratique, une condition essentielle vient transformer cette donnée première. C'est la nécessité pour l'ouvrier de toucher chaque jour le prix de son travail, l'impossibilité, pour lui, dans la pratique, de s'affranchir de l'élément temps et de l'élément capital nécessaires pour la création d'un produit.

L'ouvrier ne peut, dans la plupart des cas et surtout dans les fabrications complexes, se passer des moyens de fabrication, des machines qu'il ne possède pas. Il ne peut attendre que le produit à la création duquel il contribue soit achevé avant de rien recevoir; effectuer les transactions commerciales nécessaires pour en réaliser la valeur, se soumettre aux chances de pertes, etc. Aussi, sauf dans quelques métiers simples, et toujours dans le cas des manufactures proprement dites, l'ouvrier qui ne possède aucune avance, qui ne produit que partie de la façon, fait-il avec l'entrepreneur ce marché : Je crée dans une journée de travail un produit ou partie de produit dont, en moyenne, vous vendez 4 francs la façon; prenez à vos risques et périls les chances de plus ou moins value, suivant l'état du marché lorsque le produit pourra être vendu, et donnez-moi, par exemple, 3 fr. 50 c. par jour.

On a élevé dans ces dernières années beaucoup d'objections sur l'équité de ce marché, et ne tenant nul compte du rôle si important de l'entrepreneur dans la production, que nous allons examiner tout à l'heure, on a plaint l'ouvrier de ne pouvoir s'affranchir de cette tutelle.

A cela une réponse péremptoire est à faire : c'est que ce marché ne se conclut qu'à cause des avantages que les deux parties trouvent à le faire, lorsqu'il est nécessaire.

S'il n'y a pas de chances aléatoires, de délai pour la vente, si un capital, si une direction ne sont pas indispensables, il n'existera pas de salaire proprement dit. Ainsi le savetier travaillant seul, ses bras suffisant à tout, un marteau et une alène constituant presque tout son matériel de fabrication, reçoit directement de l'acheteur le prix de son travail; mais l'ouvrier mécanicien ne construira pas seul une machine à vapeur, il faut pour cela des avances considérables, des machines en grand nombre qu'il n'a pas, des connaissances qu'il ne possède pas davantage. En un mot, la complexité du travail fait naître sa division nécessaire, et surtout rend indispensable son organisation, sa direction. L'avancement de l'industrie fait ainsi apparaître un rouage qui lui est aussi indispensable que l'est la tête au corps humain pour diriger les bras.

Les chefs de parti qui font métier de la défense de l'ouvrier montrent des exemples où la pression exercée par le maître force l'ouvrier à consentir à un salaire trop faible. A cela il est facile de répondre que cela n'est pas plus juste que lorsque les ouvriers, en vertu de leur position spéciale, lorsque leur concours est indispensable, contraignent l'entrepreneur, sous peine de ruine, à consentir des salaires exagérés et abusifs. La violation de la justice ne prouve jamais rien contre celle-ci; c'est aux mœurs, c'est à la justice à faire respecter le droit et la liberté de chacun.

Il y a toutefois deux objections auxquelles il importe de nous arrêter, car elles ont acquis de nos jours une très-grande importance.

La première peut s'énoncer ainsi : le maître

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

pouvant attendre, l'ouvrier ne le pouvant pas, le maître fixe en définitive le salaire de l'ouvrier.

La seconde est celle-ci : si la fabrication diminue, le travail et par suite le salaire diminuent, et il en résulte des privations et des souffrances.

Répondant d'abord à la seconde objection, nous dirons que la distribution ne saurait être responsable de ce que l'homme vient au monde sans richesses, et que par suite l'homme qui ne travaille pas n'ait pas de quoi vivre. Nous pouvons rentrer dans le domaine de la charité, mais au point de vue de la justice, on ne doit rien à celui qui ne travaille pas.

C'est cependant un grand malheur social, qu'il puisse y avoir des hommes voulant travailler et ne trouvant pas de travail. C'est certainement là une des circonstances qui doivent le plus préoccuper la société ; mais, en réalité, quels que soient les palliatifs que l'on emploie, celle-ci est soumise à la même loi qu'une armée en campagne. Elle doit toujours marcher en avant, toujours accroître et multiplier ses richesses, ses occasions de travail ; alors le salaire va croissant sans cesse. La retraite est toujours désastreuse.

Ce que nous disons ici répond à la première objection ; ce n'est pas dans un temps de prospérité, lorsque les ouvriers sont rares, qu'un maître pourra arriver à rémunérer ses ouvriers à un prix inférieur à la valeur réelle de leur travail. Il se trouverait bientôt d'autres maîtres pour utiliser leurs services à un meilleur prix, et enlever avec les ouvriers les commandes que le premier aurait à exécuter. Ce qui est vrai aujourd'hui, c'est que le salaire croit plus vite que sa valeur réelle. Du reste, dans le marché librement conclu entre le patron et l'ouvrier, la balance doit toujours pencher du côté de ce dernier, lorsqu'il s'efforce de faire vivre honorablement sa famille.

On peut donc établir que le juste, le souhaitable, relativement au bien-être de l'ouvrier, relève des conditions suivantes : Liberté du travail, qui lui permet de choisir le travail le plus avantageux. — Abondance du travail pour que son concours soit recherché.

Avant d'aller plus loin, disons un mot de la rémunération de l'entrepreneur.

Directeur-Entrepreneur. Dans l'entrepreneur nous distinguerons deux personnes distinctes, deux fonctions qui sont en réalité différentes et qui, exercées en général par la même personne, se divisent pourtant quelquefois. Ces personnes sont le directeur des travaux et l'entrepreneur assureur des salaires, fournissant tout ce qui est nécessaire au travail. Nous parlerons d'abord surtout du directeur des travaux, qu'il soit ou qu'il ne soit pas l'entrepreneur lui-même.

La part du directeur des travaux (et dans la part afférente à la direction, nous comprenons celle qui revient aux contre-maîtres, aux ouvriers d'élite, qui possèdent dans leur habileté spéciale un véritable capital intellectuel, ceux qui donnent l'impulsion à l'atelier) doit être plus importante que celle du simple journalier. Le directeur des travaux est la tête, les ouvriers sont les bras du corps producteur qui constitue l'atelier, la fabrique. Certes, l'ouvrier qui s'est fatigué à la création d'un produit mérite la propriété de la part la plus importante de la valeur produite par son travail, mais celui qui combine les moyens d'exécution, assigne à chacun sa tâche, mérite aussi sa part. Le nier serait vouloir soutenir que le travail matériel est tout et le travail intellectuel rien ; ce serait prétendre qu'un général mérite moins de son pays qu'un de ses soldats pour avoir gagné une bataille, parce qu'il n'a pas lutté de sa personne.

C'est par la tête que l'industrie progresse, c'est par les découvertes de ses savants, le goût de ses artistes qu'une nation peut conquérir et conserver une supériorité incontestée dans l'industrie.

Ces éléments sont du ressort de la direction qui combine, et il y a fort à rabattre des déclamations socialistes qui ont fait admettre par beaucoup d'ignorants qu'il n'y avait pas à s'occuper de celle-ci. Il suffit d'avoir vu créer une usine par l'inventeur d'une machine, d'un procédé, d'une nouvelle division du travail, pour comprendre le rôle prépondérant du grand organisateur, pour sentir combien son œuvre est d'un ordre supérieur, relativement à celle des bras qui exécutent sous sa direction.

Mais ce ne saurait être sous forme de rémunération fixe, analogue aux salaires, que l'entrepreneur peut tirer parti de ses entreprises dans nos sociétés libres. Il n'est, lui, dirigé et assuré par personne, et le but aléatoire qu'il poursuit par ses efforts est le profit, dont nous étudierons bientôt les éléments, mais dont l'essence fait partie de la notion d'échange librement consenti. Pour l'acquérir, il lui faut combiner ses opérations et ses moyens de production, passer des marchés, faire fabriquer, vendre ses produits, etc., en un mot, accomplir l'œuvre entière de la production industrielle et des transactions commerciales qui y correspondent. Après avoir payé pour acheter les matières premières, les moyens de fabrication, avoir payé chaque semaine ses ouvriers qui n'ont pas à courir de chances aléatoires, il lui reste pour rémunération de sa direction, de ses combinaisons, de l'intérêt des capitaux engagés, etc., un profit ou une perte, le succès ou la ruine et la faillite, en raison de l'état du marché et de son habileté industrielle et commerciale.

En un mot, dans une société libre, où chacun n'a pas son travail de chaque jour assigné par l'autorité, comme chez les Jésuites du Paraguay ou dans les sociétés existant dans les têtes de quelques utopistes, il faut que les chances aléatoires reposent sur quelqu'un qui soit en état de les courir et juge bon de le faire. C'est le fabricant qui, agissant dans sa pleine liberté, gagne

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

ou perd, soumis aux lois de la libre concurrence dans son entreprise de création de richesse, faite à ses risques et périls, traitant ferme avec le capitaliste comme avec l'ouvrier, prenant à son compte toutes les chances de perte ou de gain; tandis que l'ouvrier gagne un salaire fixe, là où il travaille, non pour courir des chances aléatoires, mais pour être payé chaque jour.

Des salaires. Il nous paraît démontré que la fixation du salaire en raison de la prospérité d'une industrie et de l'habileté du travailleur est parfaitement équitable, comme l'attribution des profits à ceux qui assurent les salaires, combinent les opérations et courent toutes les chances de pertes. Ce n'est que la forme naturelle de contrats libres, avantageux aux parties, et qu'il n'y a qu'à pratiquer avec équité, grâce à l'intelligence et au bon esprit des intéressés. On peut résumer ainsi cette division résultant de la force des choses entre les collaborateurs d'un travail industriel : entreprise, direction, combinaisons produisant des profits ou des pertes variables, d'un côté; exécution matérielle, faisant gagner des salaires fixes de l'autre.

La rémunération de l'ouvrier sous forme de salaires, mode qui répond à la liberté du travailleur échappant au servage, loin d'être une forme gothique, est, au contraire, un progrès, comme le fermage l'a été relativement au métayage qui disparait chaque jour des pays de riche culture. D'autres combinaisons fort inférieures, dans les cas les plus fréquents, peuvent se rencontrer dans quelques pays dont l'industrie est peu avancée; on trouverait encore des ouvriers fort mal payés avec des produits de leur travail, qu'ils ne peuvent placer avantageusement. Dans de rares circonstances, ce système est applicable: ainsi nos pêcheurs des côtes, dont le poisson est immédiatement vendu à la criée, naviguent tous *à la part*.

L'accroissement des salaires, indépendamment des conventions directes, a pris de nos jours quelques nouvelles formes qu'il faut mentionner: tantôt ce sont des primes en raison de l'habileté, par exemple de l'économie de charbon pour le conducteur de locomotives; tantôt c'est par une participation aux bénéfices assurés par des collaborateurs capables, sans association. Enfin, par esprit de fraternité, deux ou trois fabricants donnent une bonne partie de leurs profits à leurs ouvriers; c'est un cadeau qu'il leur plait de faire, ce n'est pas une dette qu'ils acquittent.

Le contrat librement débattu entre le patron et l'ouvrier, en raison du besoin que chacun a de l'autre, ne laisse nullement ce dernier dans une position nécessairement précaire, surtout s'il devient habile. Des journées de 8, 10 ou 12 francs ne sont pas rares aujourd'hui et ne constituent pas une position bien fâcheuse au bon ouvrier, à propos duquel il n'y a guère lieu de parler d'esclavage, d'affranchissement et d'autres plaisanteries qui émaillent agréablement la prose de certains journaux. Ce qui est vrai c'est que, heureusement, de nos jours l'ouvrier intelligent peut vivre honorablement et s'assurer une vieillesse à l'abri du besoin, notamment avec l'aide des institutions qui existent dans beaucoup de nos grandes usines et qui devraient exister plus généralement, comme nous le dirons plus loin.

Les salaires élevés conduisent souvent l'ouvrier habile à devenir patron, ou au moins entrepreneur pour l'opération dans laquelle il excelle. C'est comme marchandeur, ouvrier en chambre, etc., qu'il effectue l'évolution naturelle de commencer à travailler pour son compte, quand il peut le tenter avec quelques chances de succès. Ce sont d'anciens ouvriers, ayant ainsi commencé, qui possèdent et font prospérer la plupart des grands établissements industriels.

L'erreur fondamentale de Proudhon et, après lui, de l'école socialiste, heureuse de trouver un argument formulé par un puissant esprit, a été de dire que les bénéfices de l'entrepreneur étaient prélevés sur les salaires de l'ouvrier. Cela est absolument faux. Le produit fabriqué en payant à l'ouvrier toute la valeur de son travail, et même plus que cette valeur, pourra être vendu une fois, deux fois plus cher qu'il ne coûte, sans qu'il puisse se plaindre qu'on lui ait rien pris, pas plus qu'il n'aura rien à restituer du salaire touché, si l'entrepreneur est obligé de vendre à perte. Le prix de vente est tout autre chose que la valeur, que le prix de revient. Un mètre d'indienne imprimée coûtant 0,75 à fabriquer se vendra 1,50 si le dessin plaît, 0,40 s'il ne réussit pas. Il y a perte ou gain suivant le goût du fabricant, mais toujours rémunération de l'ouvrier qui a appliqué la couleur sans avoir à s'occuper du dessin qu'elle formait. Il en est ainsi dans toutes les industries.

Si par exemple cet ouvrage trouvait des acquéreurs en grand nombre, est-ce que le compositeur d'imprimerie devrait être payé plus cher que s'il n'en rencontre pas? Est-ce que cela modifierait le nombre de lettres qu'il a eu à *lever*, le travail qu'il a eu à faire? N'est-ce pas l'auteur-entrepreneur qui a seul droit au profit, comme il payera seul la perte? Cela n'est pas sérieusement contestable.

Inventeurs. L'entrepreneur est toujours quelque peu inventeur, c'est-à-dire emploie presque toujours dans son atelier un ensemble de moyens, tant au point de vue de la combinaison du travail que des procédés, différent de celui de ses voisins. Cela montre assez que l'invention est une des bases principales des profits pour l'entrepreneur; à plus forte raison doit-il en être de même pour l'inventeur qui crée des procédés entièrement nouveaux de fabrication, des produits souvent inconnus avant lui. C'est par des brevets d'invention, sur la nature desquels nous aurons à revenir, que dans nos sociétés l'inventeur est récompensé de ses tra-

vaux, à l'aide d'un titre qui doit lui assurer pour un temps limité l'exploitation privilégiée de son invention.

Savants. Le travail du savant appliqué à la découverte de lois naturelles est peu apparent dans la création de chaque produit, et son œuvre, sans laquelle cependant la production serait impossible, est difficilement rémunérable par une part dans la propriété du produit. Aussi est-ce en général par rémunération directe que la société reconnaît les travaux des savants, par des places, des pensions, des chaires; mais, disons-le, en général, dans notre pays au moins, avec une parcimonie peu digne de l'importance de leurs fonctions. Et pourtant une seule découverte d'un savant est d'une extrême importance en général, puisqu'en faisant faire un progrès à la science, elle ouvre un nouveau filon, et procure souvent à un pays en une seule année des bénéfices supérieurs à la somme des traitements que touchera le savant durant sa vie tout entière. Citons comme exemples contemporains la découverte des ciments romains par M. Vicat, celle des bougies stéariques par M. Chevreul.

Espérons que, dans un avenir prochain, on comprendra mieux que le plus grand intérêt de la société est d'acquitter noblement la dette qu'elle contracte envers les intelligences d'élite qui font progresser les sciences et accroissent chaque jour le domaine de l'humanité.

II. RÉMUNÉRATION DU CAPITAL.

Dans le chapitre précédent, nous avons supposé le travail possible, c'est-à-dire que les efforts pouvaient se diriger vers la production. Or pour y parvenir il faut nécessairement avoir à sa disposition : 1° les outils, machines, nécessaires à la production; 2° les matières brutes sur lesquelles s'exerce le travail, pour les transformer; 3° les subsistances (ou des valeurs équivalentes lorsque l'échange est possible) nécessaires pour la nourriture du travailleur pendant qu'il crée un produit. Tels sont les éléments principaux qui composent le capital, qu'on définit le plus souvent la richesse épargnée en vue de la production.

Nous avons déjà insisté sur la partie du capital qui consiste dans les machines et outils, si indispensables pour la production. Quant aux deux autres parties, leur nécessité pour rendre la production possible est trop évidente pour qu'il y ait lieu à insister.

Puisque le capital en matières premières, approvisionnements de toute sorte et surtout en machines, est la condition essentielle de la production, il paraît bien naturel à première vue, puisque le capital n'est pas indéfini, commun à tous, que celui qui l'a créé par l'épargne et le travail, que le possesseur du capital ait dans la distribution une partie de la richesse produite; qu'il y ait un profit du capital, un intérêt : autrement, pour quel motif eût-on accumulé les moyens de production, et surtout les eût-on prêtés à quelqu'un? Cette question est pourtant celle que nous avons vu agiter avec le plus d'ardeur lors de la révolution; c'était à la destruction de l'intérêt du capital que s'était arrêtée en dernier lieu l'école révolutionnaire, et l'on a contesté avec passion que le propriétaire du capital eût autre chose à réclamer que la restitution de son capital. Les novateurs confondant à plaisir le capital avec le propriétaire du capital, voyant très-bien que le capital avait surtout pour but de favoriser l'action des forces naturelles essentiellement gratuites, voulaient que le prêt du capital fût gratuit comme les forces naturelles, ne tenant nul compte des droits du propriétaire du capital, de celui qui par ses efforts et son travail était arrivé à se créer cette propriété.

Ce qu'ils ne voulaient pas voir, c'est que le capital est une accumulation de travail qui, sous forme de machines, d'instruments de travail, de matières premières, etc., forme la richesse de la société, est l'objet direct de la propriété. Or celui qui le possède à bon droit peut sans doute le consommer en dépensant chaque jour une des journées de travail accumulées. Mais si, au lieu d'agir ainsi, il vous transfère l'instrument de travail qu'il a su créer, ne lui devez-vous plus rien que son remboursement, sa restitution?

Creusons un peu cette idée, donnons-lui une forme sensible, par des exemples de la pratique de chaque jour, pour faire justice d'une erreur capitale qui ne tend à rien moins qu'à la destruction de la société civilisée.

A force d'intelligence et de travail, j'invente une machine avec laquelle je puis, avec grand profit, créer pour 2 fr. un produit qui coûtait 3 fr., qui ne pouvait être créé qu'avec moitié plus de travail. On ne peut me disputer le bénéfice fruit de mon travail, et indépendamment de toute concession, en cachant ma machine, je saurais bien le réaliser, à moins que vous ne me traquiez comme un malfaiteur pour me voler ma machine et m'empêcher d'être utile. Si un jour je veux me reposer, et que je confie à un autre fabricant cette machine, source de bénéfices certains, croyez-vous qu'il se refuse à me faire jouir de partie de ses bénéfices? C'est là pourtant la rente, le droit d'aubaine du capital contre lequel s'élevait avec tant de fureur l'école socialiste; ce n'est nullement par sa nature intime l'*exploitation du travailleur*, comme on l'a répété à satiété, c'est le partage avec le propriétaire de l'instrument de travail, de l'excédant de production que le travailleur peut créer avec l'instrument de travail, comparé avec ce qu'il produirait s'il en était privé.

Un cultivateur doit labourer son champ, huit jours de travail à la bêche lui sont nécessaires pour effectuer cette opération; mais il trouve à louer une charrue avec laquelle il labourera son champ en une journée, et le prix de la location ne

s'élève qu'à deux ou trois journées de travail. Il s'empresse de conclure ce marché, qui lui laissera pour bénéfice la valeur de quatre à cinq journées. Voilà la rente du capital représentée par la charrue, et certes il n'y a guères là de spoliation.

Si le capital n'avait aucune part dans la répartition, la portion de chacun pourrait sans doute être plus grande, mais à la condition que le capital eût été accumulé sans avoir de propriétaire, ce qui est absurde. Quant à l'absence du capital, c'est la misère pour tous, la sauvagerie.

Cette question de l'intérêt, du profit du capital, va d'ailleurs être complétement élucidée par l'étude de la question générale des profits, dont elle n'est qu'un cas particulier. L'intérêt d'un capital n'est en effet qu'une valeur moyenne des profits qu'assure dans un pays et dans des circonstances données la propriété de ce capital à celui qui a su le créer par son travail et par ses efforts. C'est en donnant partie de ces profits, presque assurés, au propriétaire du capital, qu'on le décide à le confier à un tiers. C'est ce que nous allons voir en envisageant cette question d'une manière générale pour toute espèce de propriété. (Voy. Capital).

III. De la rente. — De la loi des profits. — Éléments qui limitent la concurrence.

Pour arriver à une notion exacte de la loi des profits dans la production industrielle, c'est-à-dire indépendamment de la transaction de l'échange même, qui peut évidemment faire passer l'argent de la poche de l'un dans la poche de l'autre, indépendamment de tout service rendu, par la seule habileté du vendeur ou la maladresse de l'acheteur, il nous faut établir le profit le plus assuré dans nos sociétés, la rente de la terre, qui a donné lieu au beau travail de Ricardo. La terre a été souvent bien à tort placée dans une sphère à part, tandis qu'elle doit être considérée économiquement au même point de vue que les forces naturelles qui fécondent l'industrie, et qui deviennent utilisables par l'accumulation de travaux antérieurs. De l'étude de la rente de la terre nous déduirons facilement, par une assimilation incontestable, la loi des profits, l'intérêt des capitaux, qui se retrouvent dans toute exploitation agricole ou industrielle.

Rente de la terre.

Considérons d'abord une société naissante, une tribu sans demeure fixe, cultivant successivement les terrains placés autour de ses tentes, comme les tribus arabes. Quelle valeur peut avoir la terre qui les entoure? aucune, pas plus que la lumière et le soleil. Chacun en profite, nul ne songe à en payer ou en demander le prix. Si le cultivateur trouvait le moindre obstacle dans la culture d'un morceau de terre, il cultiverait le morceau à côté.

Les sociétés s'établissent et se développent, les populations augmentent, et avec elles le besoin des subsistances. Bientôt le cultivateur trouve quelqu'intérêt à ne pas abandonner les terres qu'il défriche et améliore alors avec plus d'empressement, elles deviennent sa propriété.

Que se passe-t-il alors? Pendant un certain temps, jusqu'à ce que la population soit agglomérée sur quelques points, les phénomènes diffèrent peu de ceux dont nous venons de parler, antérieurement à l'appropriation du sol. Mais enfin un jour arrive où toutes les terres de première qualité et à la portée des marchés les plus avantageux ont été mises en culture, sans que leurs produits suffisent aux besoins : que peut-on faire? On ne peut choisir qu'entre trois moyens :

1° Cultiver les terres voisines, mais moins fertiles que celles qui ont été déjà cultivées;

2° Chercher des terres également fertiles, mais plus éloignées;

3° Chercher à faire produire davantage aux terres déjà cultivées par plus de travail et d'engrais, de capital, par une exploitation plus puissante mais plus coûteuse.

Dans ces trois hypothèses, la culture devient plus coûteuse, ou le produit est grevé des frais de transport pour parvenir au marché. Voilà qui est évident.

Il y aura donc sur le marché des produits agricoles qui n'auront pas tous été obtenus avec les mêmes frais de production. Or ces frais, avons-nous dit, sont la base de la valeur.

Y aura-t-il cependant sur le marché plusieurs prix ou un seul? Il n'y en a qu'un seul, et ce prix sera celui correspondant à la production la plus chère.

Il n'y aura qu'un seul prix. Et en effet allez à la halle au blé, par exemple; il est clair que tout le blé de même qualité apporté au marché chaque jour se vend au même prix; qu'il ait été produit dans une terre ou dans une autre, chèrement ou à bon marché, l'acheteur ne s'en inquiète nullement.

De plus, le prix qui dominera sera celui du blé produit le plus chèrement. La raison en est évidente. Si le cultivateur qui a produit le plus chèrement n'obtenait pas le remboursement de ses avances et une rémunération équitable, il cesserait de produire.

Celui qui a obtenu du blé dans la terre la plus fertile profite donc des circonstances du marché, et obtient un prix supérieur à ses frais de production.

En résumant ce qui précède :

1° Il y a nécessairement sur le marché une portion de blé (que nous prenons ici pour type du produit agricole, mais ce que nous disons ici s'applique à tous les autres) qui se produit plus chèrement que les autres qui se vendent au même prix que lui.

2° Il y a tendance à un prix unique, et ce prix

ECONOMIE INDUSTRIELLE.

est déterminé par le coût de la production la plus chère qui se maintiendra en un moment donné.

Donc plus ce coût sera élevé, plus sera grande pour une certaine portion du blé porté au marché la différence entre ce qu'il aura coûté et le prix qu'on obtiendra, entre la valeur réelle et le prix courant. Supposons sur le marché du blé ayant coûté 10 fr., du blé qui aura coûté 12, un autre 15, un autre 20. Supposons que ce soit à ce dernier prix que le blé tendra à se vendre année commune.

Cela étant, le possesseur du blé produit le moins chèrement obtiendra ses frais de production et 10 fr. en sus; le suivant 8 fr. en sus du coût, le troisième n'aura que 5fr.; le dernier enfin ne retirera que ses frais de production.

Cette différence entre les frais de production et le prix du marché, entre les frais exigés pour le produit le moins coûteux et le prix du marché résultant des frais de production nécessaires à ceux qui ont produit le plus chèrement pour satisfaire à la consommation, c'est la *rente de la terre*, le produit net qui a pour cause l'heureux choix de la terre fait par le cultivateur pour l'application de ses travaux, eu égard au système de culture et aux moyens de transport en un moment donné, et aussi l'effet de l'enrichissement général d'une société qui fait croître chaque jour la demande. Il est bien clair que l'excédant des recettes sur toutes les dépenses appartient en partie, peut revenir équitablement au propriétaire de la terre.

Du moment qu'il y aura marché libre, le détenteur de la terre la plus fertile, la mieux placée par rapport au lieu de consommation, profitera de la rente qui appartiendra à celle-ci. Il y a là un profit engendré dans lequel le fermier n'est pour rien et qui revient naturellement à celui qui a fourni l'instrument de production.

Ainsi donc la loi économique qui règle le prix, le proportionne en principe à la valeur, c'est-à-dire aux frais de production, est vraie, mais elle ne peut se réaliser complétement que sous l'empire de la libre concurrence de tous

Or la libre concurrence est limitée par toute espèce de monopole, tel que le monopole de voisinage des marchés les plus avantageux, élément principal de la rente de la terre, et par suite par l'influence de ceux crées et recherchés par le producteur intelligent, qui se fait sentir sur toute espèce de production. Il n'est presque pas de produit, comme nous le verrons bientôt, dont on puisse considérer le prix comme un résultat pur et simple du travail qu'il a coûté à créer.

En résumé, si les terres les plus fertiles, situées dans le voisinage des centres de population, donnent pour un même travail des produits supérieurs à ceux des terres voisines, ou plus avantageux que ceux des terres plus éloignées qui ne peuvent arriver sur le marché que grevés de frais de transport, il en résulte que les propriétaires de ces terres jouissent d'un véritable monopole, d'une rente que pourra leur payer un fermier qui aura la certitude de bénéfices importants sur son travail, par cela seulement qu'il l'appliquera à la terre que le propriétaire lui fournit. C'est de la certitude d'un profit que découle la rente.

Si l'on étudie la cause de la fertilité de certaines terres qui peuvent ainsi fournir de semblables résultats, on verra qu'il est dû presque toujours au travail. La différence entre quelques terres qui produisent à peine de quoi payer l'impôt que l'État exige pour garantir et défendre la propriété, et d'autres qui produisent rente, dépend souvent d'une irrigation ou d'un desséchement, de plantations convenables, en un mot d'utiles travaux accumulés. D'autres fois c'est un nouveau procédé de culture, un assolement convenable, la culture d'une plante nouvelle, qui permet de récolter des profits là où la veille il n'y avait que perte. Quelquefois, sans doute, le développement des manufactures, l'accroissement d'une grande ville, et surtout l'ouverture de nouvelles voies de communication, améliorent la fortune des possesseurs des terres voisines, assurés du débouché de leurs produits; mais alors ils ne profitent, que comme tous les producteurs de la contrée, de l'enrichissement général de la nation produit par des dépenses productives dont ils ont souvent payé la part la plus forte sous forme d'impôts ou autres charges de la propriété.

En un mot, la culture du sol peut souvent assurer des profits; par suite, il se trouve dans les pays où toutes les terres sont occupées, des fermiers qui se chargent d'appliquer leur travail à la terre en garantissant partie des profits au propriétaire. C'est là la rente, qui n'a un cachet spécial que parce qu'on trouve, plus souvent ici que dans l'industrie, des fermiers intermédiaires; mais comme nous allons le voir, cette loi n'est pas particulière à l'agriculture.

Des rentes et des profits dans l'industrie.

Nous venons de voir comment, dans la culture de la terre, le produit net, l'excédant des valeurs produites par la culture sur les frais de production se répartissait en deux parts: l'une, la rente de la terre, qui revient au propriétaire du sol, à celui dont la société reconnait la propriété; l'autre, la part du fermier-entrepreneur, assureur du salaire des ouvriers qui ont pris part aux travaux et de la rente du propriétaire, qui se traduit en gain ou en perte, suivant son habileté, les chances de la culture et aussi les conditions générales du marché.

Ce qui est vrai du fermier et de la terre est vrai de la même manière de toute exploitation industrielle, et ce serait bien à tort que dans ce cas, comme on le fait souvent, nous traiterions de l'agriculture autrement que d'une industrie analogue à toutes les autres. Cette décomposition des profits permet de bien comprendre les questions les plus ardues de l'économie industrielle.

Si chacun, sans connaissances spéciales, sans outils, sans avance des matières premières, en un mot, sans capital ni matériel, ni intellectuel, pouvait fabriquer toute espèce de produits, nous nous trouverions dans les conditions que nous avons supposées en commençant. Tout produit ne vaudrait absolument que la quantité de travail nécessaire pour le créer. Celui qui aurait accumulé certains produits pourrait bien les consommer en plus ou moins de temps, s'affranchir de la loi du travail jusqu'à l'épuisement complet de ses avances; mais chacun ne pouvant jouir des produits qu'il aurait créé qu'en produisant d'autres utilités exigeant une quantité de travail équivalente, ne ferait l'échange que sur cette base strictement, comme nous l'avons supposé en commençant. Comme son travail accumulé ne serait la source d'aucun accroissement dans la production, il ne pourrait justement réclamer plus que la consommation de cette accumulation; mais il n'en est plus de même quand celle-ci produit un accroissement réel de richesses et qu'en en faisant jouir la société le possesseur s'en réserve une partie, causant par ces deux effets l'élévation croissante de l'humanité. Ainsi donc, en sortant de l'abstraction d'une société tout à fait primitive, si nous considérons les faits tels qu'ils se comportent dans une société avancée, nous verrons :

Que les produits industriels ne se créent qu'avec des outils, des machines, un outillage considérable, spécial pour chaque produit. Le créateur de cet outillage, celui qui l'a produit par l'accumulation de son travail et qui en est légitime possesseur, exerce comme le possesseur des matières premières. comme le possesseur de la capacité intellectuelle spécialement propre à la création du produit considéré, en un mot, comme tous les possesseurs des capitaux, matériels et intellectuels, indispensables à la production, un véritable monopole, puisque, par la limitation du capital intellectuel et matériel existant dans la société et par son inégale répartition, chacun ne peut disposer de toute la quantité qu'il désire.

On peut donc appliquer à toute manufacture la théorie que nous avons expliquée sur la rente de la terre. Là est la véritable explication des profits industriels.

Dans toute industrie donnée, il existe à chaque instant une dernière classe d'entrepreneurs qui, comme les fermiers que nous avons cités, ne sont possesseurs de rien, mais locataires :

1° D'un capital en outils, machines, matières premières, etc., appartenant à des capitalistes;

2° De connaissances spéciales appartenant à des artistes, des ingénieurs;

3° Assureurs du produit du travail des ouvriers;

4° Fermiers enfin de monopoles spéciaux, tels que brevets d'invention, systèmes de production, etc.

Un entrepreneur, dans ces conditions, ressemblera au fermier de la dernière espèce de terres, ne touchant, en général, que le remboursement de ses avances; tout au plus, bien souvent, sa rétribution comme directeur de fabrication. La rente profitera aux propriétaires des capitaux matériels et intellectuels, des monopoles de tout genre dont l'exploitation lui sera confiée. Suivant la prospérité ou les revers de l'industrie, il pourra prospérer ou se ruiner; en moyenne, les résultats qu'il obtiendra seront minimes.

Il est bien clair que, dans la concurrence que fera cet entrepreneur à des manufacturiers exploitant leurs propres capitaux, il devra souvent succomber, ne pouvant satisfaire à l'obligation de payer le loyer des capitaux que son adversaire pourra sacrifier. Toutefois il est certain qu'il ne pourra en être longtemps ainsi, et que les capitaux s'éloigneront d'une industrie qui ne fournira pas les profits qu'on obtient, à la même époque, dans la plupart des industries du même pays.

La division du profit en deux parts est souvent difficile à faire, dans la pratique, mais celui-ci comprend toujours : le profit proprement dit de l'entrepreneur et la rente du capital, ce que l'on paye à celui qui vous fournit le moyen de produire, indépendamment de la restitution de ce qu'il a prêté, aussi bien que la rente du procédé de fabrication, du monopole d'ordre quelconque mis à la disposition de l'entrepreneur, et qui lui permettant de fabriquer, ce que ne peut faire le premier venu, fait comprendre la source des bénéfices les plus assurés de beaucoup d'exploitations; ils reposent sur l'usage de procédés presque inattaquables par la concurrence universelle et sont d'une toute autre solidité que les profits d'industries abordables pour tous.

Nous n'entrons pas ici dans le détail des moyens de succès du manufacturier, à son point de vue personnel. Nous avons cherché à les résumer, d'après Babbage, à l'article ÉCONOMIE DES MANUFACTURES, et nous aurions à les répéter.

Nous y joindrons seulement une condition essentielle, dont notre expérience des affaires nous a tellement démontré la valeur que nous ne saurions trop attirer sur elle l'attention des personnes qui se destinent à l'industrie. Elle consiste à ne jamais acheter une fabrique sans avoir au préalable travaillé, à un titre quelconque, dans une fabrique semblable. Faute d'avoir rempli cette condition, chaque jour des hommes très-intelligents préparent leur ruine par des achats faits à des prix exagérés, qu'ils ne peuvent discuter; et même, dans le cas de prix d'achat modéré, le dégoût, l'absence de capacité spéciale pour un état inconnu, s'opposent fréquemment à tout succès.

Le moindre apprentissage, fait sous un titre quelconque, leur eût permis d'apprécier sainement la valeur des établissements, d'en créer quelquefois de nouveaux avec grand avantage, leur aurait évité le découragement que ne peuvent

plus faire naître des difficultés prévues. Ce que nous venons de dire fait comprendre les succès, presque toujours éminents, de fils qui succèdent à leur père.

Des éléments qui limitent la concurrence.

Nous avons vu sur quelles bases s'établissent les sources certaines de profits et devons insister sur ces considérations d'une extrême importance. Ce qui précède montre clairement comment chacun employant son activité et ses efforts à augmenter ses profits, on a pu dire que la *concurrence détruit la concurrence*, autrement dit que l'essor de la liberté individuelle tend à organiser le domaine privé de l'individu, à fonder sa prospérité sur des bases solides, et par suite comment, dans ce cas comme dans tout autre, l'exercice du droit vient limiter en fait la liberté de tous.

C'est ainsi que se trouvent établis les deux pôles du travail industriel : 1° Exploitation libre pour tous, abordable pour tous, de toute industrie, ce qui se définit par le mot de concurrence; c'est le droit de chacun à la lutte, la limitation des profits abusifs : si elle pouvait être entière, absolue, sans limites, ce serait l'anéantissement de tout progrès, la décroissance continue de toute rémunération pour l'égaler à celle du travailleur le moins habile ; 2° Exploitation privilégiée entre les mains de celui qui a créé le moyen de produire, à moins de frais, mieux que tout autre. C'est, à l'avantage de tous, la diminution continue de la valeur, en même temps que, pour le producteur, la propriété de son œuvre, et, par suite, la récompense en raison de son mérite, s'il a toute certitude, toute sécurité de profiter des progrès dus à son travail ; par suite, c'est la cause capitale de l'accroissement de richesses pour la société.

Parmi les droits les plus incontestables, le plus général est celui qui consiste dans la propriété des instruments de travail, et il nous semble que ces considérations complètent ce que nous avons dit, dans le chapitre précédent, sur l'intérêt des capitaux. Il correspond à la partie presque assurée de profits qu'ils procurent à celui qui en a la disposition, à la suppression de l'aléatoire pour le travail accumulé. Nous verrons plus loin, en traitant la question de circulation des capitaux, quel est l'ensemble des moyens qui ont été adoptés pour mettre les capitaux à la portée des producteurs, institutions qui constituent le plus puissant levier de la prospérité industrielle.

Nous emploierons quelquefois, et peut-être à tort, le mot de monopole pour définir l'exploitation d'une industrie par des moyens qui ne sont pas praticables pour tous, vu que ce mot est souvent pris en mauvaise part, comme synonyme d'un privilége injuste. Il s'en faut de beaucoup qu'il en soit toujours ainsi, et nous rendons sensible la justice du monopole, tel que nous l'entendons, par un exemple qui montrera en même temps combien l'organisation qui repose sur un droit légalement établi peut être plus juste, plus avantageuse, même économiquement, que celle qui part indûment d'une concurrence absolue.

De savants auteurs composent des ouvrages. La société déclare sacrée la propriété de leurs travaux, du fruit de leurs veilles, du résultat de leur imagination, et fait en sorte que, sans leur permission, personne ne puisse exploiter leurs œuvres. Rien, certes, de plus légitime que la reconnaissance d'un pareil droit; mais voyons ce qui en résulte dans l'industrie.

Des libraires, sachant que le privilége de ces auteurs est respecté, viendront à l'envi traiter avec eux et leur en offrir un prix, que la concurrence qu'ils se font entre eux amènera bien près du produit possible de la vente du livre. A l'abri de ce privilége, dans un grand pays tel que la France, de nombreuses maisons de librairie feront honorablement leurs affaires; leur nombre sera d'autant plus grand qu'une seule librairie, plus importante que toutes les autres, sera dans l'impossibilité absolue d'écraser le débutant le moins robuste; car si celui-ci possède un seul ouvrage ayant du succès, il n'y aura, pour le public, d'autre moyen de se le procurer que d'aller à lui et de subir ses conditions.

Qu'arrivera-t-il, au contraire, si la société ne reconnaît pas le droit incontestable de l'auteur? Au lieu de faire des suppositions, prenons l'exemple de ce qui se passait en Belgique, lorsque la contrefaçon, licite pour tous, venait priver la librairie française de ses débouchés à l'étranger, où rien ne gênait la liberté absolue de la concurrence. Voici comment un témoin oculaire, M. Jobard, de Bruxelles, rapporte les faits.

Dans les premiers temps de la fondation du royaume des Pays-Bas, l'ardeur de la réimpression (nom honnête de la contrefaçon) était si vive que tout le monde voulait s'en mêler : des domestiques, des manœuvres, des maçons, des paysans même qui savaient à peine épeler, quittaient le rabot, la truelle ou les champs, pour venir manier en ville le composteur ou la presse : c'était magnifique à voir; on réimprimait tout, jusqu'au grand ouvrage d'Égypte, et le tout pour rien.

Les papeteries, les fonderies, les ateliers de brochage doublaient, triplaient leur personnel. Un volume de médecine, de droit ou de littérature, arrivait-il de Paris, un éditeur s'en emparait à l'instant; son calcul était bientôt fait : *mille* pour la Belgique, *mille* pour l'étranger; puis il mettait sous presse. Son opération était plausible s'il eût été seul; mais vingt-cinq concurrents faisaient le même jour, à la même heure, le même calcul, et cinquante mille exemplaires étaient lancés, en même temps, à la tête d'un public qui n'en pouvait consommer que deux mille; de là impossibi-

nté de retrouver l'argent déboursé, faillites sur faillites, renvois d'ouvriers, ruines, fuites et banqueroutes. Les contrefacteurs ont ainsi fini par s'entre-dévorer jusqu'à l'avant-dernier. La maison Meline Cans avait fini par rester la seule maison vraiment importante de la Belgique, et nul n'osait lutter ouvertement contre elle.

Voilà donc le résultat direct de la liberté absolue : le monopole d'une seule maison, la ruine de tous les producteurs de second ordre! Et cela en ne reconnaissant pas la plus sacrée des propriétés, en détournant au profit d'un seul capitaliste les bénéfices légitimes du travail et du génie dépouillé!

Que doit-on préférer, du monopole juste ou de la concurrence illimitée? L'exemple que nous venons de citer prouve bien que le monopole qui fait revenir les profits de l'œuvre à celui qui l'a créée, qui en est le père légitime, est la forme la plus avantageuse, la seule qui évite un monopole plus dur et moins justifiable; or, on doit réprouver tout monopole qui n'est pas fondé sur un service rendu et qui tend à dépouiller injustement la société tout entière au profit de quelques-uns.

Ainsi donc, la concurrence, la libre accession de tous à toute espèce de propriété, est la base, le point de départ de l'économie industrielle chez toute nation civilisée, l'exercice du droit défini liberté du travail; le juste monopole, la sécurité de la propriété bien acquise, du domaine créé, fécondé par des efforts, est la consécration de la civilisation, la base de l'aristocratie juste et souhaitable, de celle qui fait arriver en tête de la société les plus méritants. Ces deux faces de la question ont été très-bien aperçues par Bastiat.

L'intérêt personnel, dit-il, est cette indomptable force individuelle qui nous fait chercher le progrès, qui nous le fait découvrir, qui nous y pousse l'aiguillon dans le flanc, mais qui nous porte aussi à le monopoliser. La concurrence est cette force humanitaire, non moins indomptable, qui arrache le progrès, à mesure qu'il se réalise, des mains de l'individualité pour en faire l'héritage commun de la grande famille humaine. Ces deux forces, qu'on peut critiquer quand on les considère isolément, constituent dans leur ensemble, par le jeu de leurs combinaisons, l'harmonie sociale.

Avec une concurrence absolue, excessive, sans limites, le producteur est sans cesse sacrifié; c'est là l'objection que font à la liberté les partisans de systèmes factices de sociétés; avec des monopoles exagérés, le consommateur est exploité, rançonné; l'homme supérieur qui n'a que son intelligence éprouve les plus grandes difficultés à sortir de la position infime où sa naissance a pu le placer. Les castes prennent naissance de fait.

La vérité, la justice est dans la liberté, l'égalité pour tous; dans la concurrence, enfin, limitée par les monopoles justement acquis, exercés en vertu du droit incontestable de chacun de

s'appliquer le fruit de son travail et d'en disposer à son gré. Sans que nous ayons à traiter ici de l'héritage qui est du domaine du jurisconsulte, en admettant seulement comme de toute évidence que le père qui dispose de son bien en faveur du fils qui peut le mieux faire prospérer l'établissement qu'il a créé, en fait un emploi que la société ne peut contester. La loi ne peut nier le droit de disposer de la propriété acquise, qu'elle doit au contraire protéger.

Les monopoles qui n'existent que par suite d'un progrès accompli, influent sur les prix en ce qu'ils comprennent le profit du monopole comme l'intérêt du capital au taux moyen du pays que l'on considère, aussi bien que la rémunération du travail, sans quoi le capital abandonnerait la production monopolisée. Il faut remarquer que le taux moyen de l'intérêt varie pour chaque instant et chaque pays, et que cette partie de la constitution de la valeur a une importance moindre que celle du travail, parce que, si on ne retrouve pas l'intérêt par la vente, beaucoup de fabricants possesseurs de leurs capitaux n'arrêtant pas aussitôt, manquent seulement à gagner.

C'est donc surtout au point de vue du prix courant qu'il importe d'étudier l'influence des monopoles; c'est de ces prix que résultent les profits que procurent les monopoles à ceux qui en sont détenteurs.

Revenons aux principes pour bien comprendre cette question. Les prix se fixent, comme nous l'avons vu, par l'échange, c'est-à-dire par la transaction libre que fait le détenteur d'un produit dont il veut se défaire avec une personne qui veut l'acquérir, en un mot, par l'*offre* et la *demande*. S'il y a beaucoup de vendeurs et peu d'acquéreurs, le prix baisse; il s'élève, au contraire, si l'inverse a lieu.

C'est là ce qui s'appelle la loi de l'offre et de la demande, sur laquelle les économistes insistent beaucoup, et qui leur sert à expliquer la plupart des phénomènes que présentent les transactions commerciales. Mais on leur a reproché, avec quelque raison, d'en rester là, et de répondre à tout par leur formule, qui n'est pas beaucoup plus profonde que la *virtus dormitiva* de Molière. Il ne suffit pas, en effet, de dire que l'offre et la demande varient, et, par suite, les prix se modifient; il faut encore savoir pourquoi il en est ainsi.

Sans doute des variations limitées sont le résultat nécessaire de la liberté des transactions et il peut arriver que l'offre varie par le seul bon plaisir des détenteurs, par le jeu et l'accaparement, comme aussi quand la fabrication d'un objet a été exagérée par tous les fabricants en même temps, et alors l'énoncé de la loi de l'offre et de la demande, l'exagération de l'offre explique assez bien le phénomène.

Mais souvent la cause domine tout à fait les vendeurs ou les acheteurs, leur est tout à fait extérieure, comme, par exemple, une récolte sura-

bondante ou une disette pour les produits agricoles.

Comme nous l'avons vu, ces variations accidentelles n'influent pas sur la moyenne des prix, et quand on considère un intervalle de temps convenable, la réduction de la fabrication dans la production industrielle, l'accroissement ou la diminution de la culture des céréales dans l'agriculture, tendent à rétablir la proportionnalité de la valeur et du travail.

On peut établir cette loi générale, que l'offre tend à provoquer la demande, avec une intensité proportionnelle à la richesse d'une société. Or, rien ne force les vendeurs d'atteindre, dans la fixation du prix de leurs marchandises, la limite extrême du bon marché que les progrès rendent possible. Il se crée ainsi des positions spéciales qui constituent pour ceux qui les possèdent, relativement à ceux qui ne les possèdent pas, des priviléges, des occasions de profits, dans les limites où l'on a intérêt à traiter avec les détenteurs de ces positions: c'est-à-dire, comme nous l'avons vu pour la rente de la terre que ceſles-ci seront des causes de bénéfices nets, bénéfices dont la société prendra sa part loin d'en être grevée, car elle ne consommera les produits fabriqués dans des conditions particulières qu'autant que la consommation en sera plus avantageuse que celle des produits créés antérieurement, qu'ils seront moins chers ou meilleurs. En un mot, le profit récolté sera un effet et non une cause de l'élévation du prix courant.

Les droits, les positions privilégiées peuvent se ranger en trois classes :

1° Les droits personnels, résultant de la supériorité personnelle de l'individu, de son habileté industrielle spéciale, de l'emploi légitime de sa liberté, de sa capacité. Ces droits sont le résultat de la valeur individuelle et de la liberté de chacun. Confondus avec notre personnalité, ils ne sauraient être contestés sérieusement, ni surtout nous être enlevés; ils sont parfaitement justes, légitimes et ne valent qu'en raison directe des services rendus à la société.

2° Les droits de propriété résultant de la richesse acquise, de la propriété des moyens de production.

3° Les monopoles légaux, résultant de priviléges spéciaux conférés par le pouvoir social à des individus ou exercés par le gouvernement représentant de ce pouvoir.

Nous étudierons successivement plus loin ces éléments, lorsque, sortant de l'étude abstraite, nous nous occuperons de l'étude concrète des questions qui se rapportent à notre pays, car nous croyons de peu d'utilité et d'intérêt leur étude en dehors des faits, des besoins d'une société déterminée. Nous pourrons ainsi entrer dans le vif de la situation industrielle de la France, et indiquer les réformes souhaitables.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

Nous verrons comment ils influent indirectement sur la production, en dominant la distribution de la richesse, car on produit en raison de l'espoir du gain. Cette étude comprend presque toute la science financière du politique, plus encore que l'étude philosophique des principes généraux, comme dans la jurisprudence l'étude des luttes entre les droits propres à chacun est prédominante; dans les deux cas, les principes qui fixent les droits de tous sont simples, auprès des restrictions multipliées qu'y apporte l'exercice du droit de chacun.

Les écoles socialistes de nos jours, qui ont toutes pour mot d'ordre la destruction de ces propriétés, de ces droits justement acquis, ne se rendent pas bien compte que leurs systèmes de nivellement conduisent nécessairement à la misère universelle, à la destruction des puissants moyens de création de richesse, qui sont l'honneur de la civilisation moderne. La conséquence forcée de leurs principes est la spoliation, le communisme; quand elles refusent d'aboutir à cette conséquence, elles ne peuvent sortir d'une logomachie qui n'a aucun sens.

CONSOMMATION DE LA RICHESSE.

Les produits sont consommés de deux manières :

1° Pour servir de base, de matière première à la production, et, dans ce cas, la consommation n'est qu'un élément de la production;

2° Pour défrayer les besoins personnels du travailleur. Dans ce cas, la consommation est dite *improductive*, par opposition à la première, dite *productive*. Mais si l'on remarque que l'entretien du travailleur n'est pas moins nécessaire à la production que la fourniture des matières premières sur lesquelles il travaille, il pourra sembler naturel, comme l'a fait Rossi, de faire rentrer encore cette partie de la consommation dans la production.

Il est cependant quelques questions qui doivent être traitées à part, particulièrement celles qui se rapportent aux dépenses personnelles, à l'épargne et au luxe, celle des dépenses publiques ou des impôts, enfin la question de la population et ses rapports avec la richesse consommable.

Pour traiter du premier point, remarquons que les consommations improductives qui satisfont aux besoins du producteur ne sont pas, par rapport à celui-ci, des quantités déterminées, qu'elles varient avec sa volonté, ses passions. Le résultat de ses efforts, suivant qu'ils sont bien ou mal dirigés, se manifeste par l'épargne ou le luxe, et, pour les réunions d'individus, pour les nations comme pour les individus isolés, par l'enrichissement ou la ruine.

De l'épargne. L'épargne, l'accumulation de partie des bénéfices, des salaires, est, au point de vue des individus, le grand moyen de s'éle-

ver, d'acquérir l'indépendance, et ne saurait être trop recommandée. L'économie et la tempérance, ce qui est presque la même chose pour les travailleurs livrés à un labeur fatigant, c'est la condition de la dignité, l'élément capital de l'élévation morale; c'est la certitude, quand elle est pratiquée avec suite et intelligence, d'un avenir prospère pour soi et les siens, d'une vieillesse indépendante et honorée.

Nous ne développerons pas avec plus de détails ces principes bien évidents, mais trop peu pratiqués : l'entraînement à la dépense, à l'ostentation, aux excès de tout genre, sont les fléaux de nos populations méridionales; nous appellerons seulement l'attention sur les résultats de l'épargne au point de vue des nations. A quel degré de richesse n'arrive pas rapidement une nation dans laquelle chaque citoyen travaillant avec énergie, épargnant son superflu, crée par cette accumulation des capitaux qu'il ne dissipe pas aussitôt qu'ils sont formés!

La rapidité de ces accumulations, si nombreuses à notre époque chez les nations livrées au travail producteur, est vraiment merveilleuse, et les faits de chaque jour sont là pour montrer que les capitaux ne manquent plus pour accomplir les entreprises les plus gigantesques.

Du luxe. L'excès de dépense personnelle est justiciable de la morale bien plus que de l'économie politique : nous ne nous arrêterons donc pas à en apprécier les effets, et restituerons à la philosophie et à l'histoire la tâche de décrire à quel degré de dégradation descendent les individus et les nations qui n'imposent aucun frein à leurs désirs.

Au point de vue économique, le luxe, en arrêtant la formation des capitaux par l'épargne, est un vice pour les nations, mais surtout quand il atteint des proportions monstrueuses, comme celui d'Æsopus dont parle Pline, qui se faisait servir un plat d'oiseaux instruits à parler et à chanter, dont le plus grand mérite était de coûter 100,000 sesterces (plus de 20,000 francs). Il ne doit pas être confondu avec le désir bien naturel de chacun d'améliorer sa condition, un des principaux agents du progrès.

En effet, il est absurde de considérer la puissance de consommer, de même que l'énergie du producteur, comme des quantités invariables; ce sont au contraire des quantités qui peuvent croître beaucoup, et il est heureux que la masse d'une nation, inaccoutumée de jouissances et de bien-être, fasse des efforts pour produire plus et consommer en raison de ce que les bénéfices de chacun lui permettront, en faisant la part équitable du présent et de l'avenir. Pendant ce temps, les personnes les plus riches raffinent sur leurs consommations, font créer, par leur demande, de véritables objets d'art, des chefs-d'œuvre, qui, servant de modèles, élèvent le niveau de la production industrielle, et sont pour l'industrie de

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

nouvelles sources de prospérité et de supériorité. Sous ce rapport, le luxe est une base fondamentale de l'industrie française, qui brille surtout par le goût.

De l'impôt. L'excès des dépenses publiques, en arrêtant l'essor de la fortune privée, est une cause de déchéance pour les nations, comme la dissipation pour les individus. Mais, en supposant l'impôt limité aux strictes dépenses nécessaires pour la sécurité de la nation, pour faire respecter les droits de tous, question purement politique, comment doit-il être réparti?

Nous n'entrerons pas ici dans cette question, qui touche de près à la statistique et à la politique; nous n'expliquerons pas en détail la nature de l'impôt foncier qui attribue, en quelque sorte, à l'État, partie de la valeur du sol; celle de l'impôt mobilier payé en raison du revenu présumé de chacun; enfin celle de l'impôt indirect qui est prélevé sur la consommation, au moment où le produit est acheté par le consommateur; ces questions, si importantes au point de vue de l'administration d'un pays, s'éloignent trop du point de vue industriel auquel nous nous plaçons.

Une seule observation à cet égard.

Il n'a pas échappé à Adam Smith, dans sa belle *Étude sur la liberté du commerce*, que l'abolition des douanes pourrait profiter à des nations qui payent des impôts beaucoup moins forts que la nation qui importe. C'est notamment la position qui est faite aux nations dont le budget doit supporter de lourdes charges, par suite de guerres ruineuses par exemple.

Adam Smith reconnaît que, dans ce cas, il est juste d'égaliser, par une taxe, la différence des impôts que supportent les étrangers et les nationaux, quand ces impôts portent directement sur les salaires et les frais de production, à moins que le coût du transport et les autres frais qui grèvent le produit étranger ne rétablissent la balance et n'assurent la victoire aux nationaux, s'ils déploient la même activité et la même intelligence que les producteurs étrangers.

De la population. Autrefois, les pouvoirs politiques de tous les pays croyaient devoir favoriser le développement de la population, dont les progrès sont, pour un pays, considérés comme cause de grandeur politique, et, à notre point de vue, de développement de forces productives. C'est une forme de l'accroissement de la puissance d'une nation, qui doit être distinguée de l'augmentation du bien-être des citoyens qui la constituent, et cela surtout depuis les recherches des économistes.

Malthus a consacré de fort beaux travaux à établir le principe de la population, à montrer qu'il était du ressort de l'économie politique; il peut s'énoncer ainsi : La population croît en raison de l'accroissement des subsistances, et n'est limitée que par celles-ci; en un mot, elle ne dépend que de la possibilité de consommer.

C'est ainsi qu'après des guerres on voit, avec une facilité merveilleuse, les vides se combler en une génération, parce que les moyens de subsistance appellent en quelque sorte la population.

La loi de Malthus repose surtout sur ce principe évident, que la population croîtrait avec une rapidité excessive si elle n'était soumise qu'aux conditions de création. Chaque couple humain pouvant facilement avoir en moyenne quatre enfants, qui eux-mêmes pourraient multiplier à 20 ans dans la même proportion, l'espèce humaine devrait doubler au moins tous les vingt ans, si des obstacles particuliers ne s'y opposaient, c'est-à-dire croître suivant une progression géométrique dont la raison est 2, suivant les nombres 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256.

Cette loi n'est pas particulière à l'homme, elle est générale pour tout être vivant : un hareng a 100,000 œufs, et la mer serait comble de harengs si rien ne s'opposait à leur développement. Mais par l'effet de la loi reconnue par Malthus, par l'absence des moyens de subsistance, par suite des causes diverses de mortalité et de destruction, la quantité existante varie peu.

Telle est la position pour l'homme; il couvrirait depuis longtemps la terre d'essaims innombrables, si le manque de subsistances, si mille causes de mortalité ne limitaient son essor. Le manque de subsistances résulte surtout de ce que l'étendue de terre cultivable dans chaque pays est limitée, et que la fertilité n'en peut être augmentée (dans des proportions décroissantes), qu'à l'aide de capitaux et de travaux considérables. Malthus déduisit de l'expérience que ces accroissements ne se produisaient chez aucune nation plus vite qu'en progression arithmétique, et par suite ne pouvaient atteindre l'accroissement naturel de la population. D'où cette conclusion forcée, que c'est la misère qui limite la population, en remarquant toutefois que l'homme étant libre, il peut de lui-même, dans sa prévoyance, limiter sa reproduction : c'est dans cette prévoyance, cette retenue que doit résider le véritable obstacle à la reproduction exagérée; c'est là aussi la conclusion de Malthus.

Nous renvoyons aux traités d'économie politique, et notamment à celui de Rossi, les personnes qui voudront prendre connaissance de ces recherches; nous ne voulons pas nous étendre davantage sur ce sujet, un peu trop éloigné de l'économie industrielle; nous ferons seulement quelques remarques sur le manque de subsistances, en d'autres termes sur la misère fatale, partie mal comprise de la loi de Malthus.

Notre observation capitale consiste en ce que, dans beaucoup de circonstances, comme on l'a vu aux États-Unis d'Amérique (où l'étendue des terres cultivables est, il est vrai, indéfinie), la production de la richesse et des subsistances peut croître aussi vite, plus vite même que la population; que la seconde partie de la loi de

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

Malthus, déduite de l'expérience du passé, n'est pas nécessairement vraie dans l'avenir.

A l'origine des sociétés, lorsque chacun produit pour soi seul, avec ses seuls bras, le travail est à son minimum de fécondité. Il faut une surface de terre très-grande, l'absence de tout obstacle pour que la richesse croisse comme le nombre des individus. En fait alors, dans la plupart des cas, la terre ne peut entretenir qu'un petit nombre d'habitants; la population tend incessamment à devancer la production, mais alors bientôt la mortalité croissante intervient pour arrêter ses progrès.

Avec la division du travail, les machines, le capital accumulé, le commerce, le crédit, mais surtout et avant tout avec les ressources morales et intellectuelles dont une population saine peut disposer, le travailleur doit créer par son énergie des richesses croissantes et trouver des ressources indéfinies. Elles doivent grandir pour ceux qui les poursuivent avec énergie et le bien-être peut prendre le devant sur la population. « Je pense, dit avec une grande autorité Channing (*œuvres morales*), qu'avec l'accroissement de la puissance intellectuelle et morale d'un peuple, sa puissance productive grandira, que l'industrie deviendra plus efficace, qu'une plus sage économie accroîtra la richesse, qu'on découvrira dans l'art et la nature des ressources qu'on n'a pas encore imaginées. Je crois que les moyens d'existence sont d'autant plus aisés qu'un peuple devient plus éclairé, plus résolu, plus juste, et qu'il se respecte davantage. On peut mesurer les forces de la nature et celles du corps, mais non pas prédire les résultats d'un accroissement dans l'énergie de l'esprit. Un peuple qui en serait là briserait des obstacles réputés invincibles et en ferait des instruments. C'est l'intérieur qui donne la forme aux choses extérieures. La puissance d'une nation est dans son esprit, et cet esprit, si on le fortifie, si on l'agrandit, mettra la nature en harmonie avec lui-même, et créera le monde qui lui convient. »

Un pays, en effet, n'est pas bien fourni de provisions parce qu'il a peu d'habitants, ni mal fourni parce qu'il en a beaucoup. La production des subsistances est en raison de la puissance de l'agriculture. En France, la population est double au moins de ce qu'elle était sous les Valois, et elle est beaucoup mieux fournie qu'elle n'était alors. Pourquoi? c'est que les progrès de la production ont excédé ceux de la population. Et il faut bien remarquer que, dans chaque point déterminé, ce n'est pas seulement de subsistances qu'il s'agit, mais de la production de richesses, de valeurs; par le commerce et l'échange, il se trouve toujours quelque part un producteur de subsistances qui, sollicité par le désir de consommer, les échangera contre cette valeur.

A ce qui précède on fait l'objection qu'un jour

le globe pourrait être occupé de manière à ne plus permettre à un homme de plus de subsister. Sans savoir si les progrès de l'agriculture ne pourront, dans l'avenir, amener la production, grâce à la quantité des engrais qui existeront alors, à suivre l'accroissement de la population, ce que Pierre Leroux appelait le *circulus*, nous dirons seulement que ce résultat si éloigné une fois obtenu, lorsque la population du globe sera cent fois plus considérable que de nos jours, la retenue pourra devenir une loi obligatoire pour toute l'humanité, tandis qu'elle ne s'applique aujourd'hui qu'à des positions spéciales; mais évidemment il s'agit là d'une utopie.

Nous dirons aussi un mot de l'émigration comme moyen d'obtenir le nivellement de la population et des moyens de subsistance, moyen qui permettra à l'Angleterre de faire dominer un jour le monde par la race sortie de son île, qui peuplera bientôt, avec une foule d'îles, plus de la moitié de l'Amérique, l'Australie, la Zélande et partie de l'Inde. Ce moyen, qui paraissait autrefois un palliatif sans importance, est devenu, grâce à la facilité des communications, un puissant remède à la misère, tout en assurant dans l'avenir de nouveaux débouchés au commerce de la nation mère. Nous voyons de nos jours : les Irlandais se précipiter en Amérique, des flots de population allemande suivre la même voie, l'Angleterre envoyer de hardis colons chercher l'or en Australie, et cela dans des proportions assez grandes pour que le taux des salaires augmente sans cesse dans ses manufactures! La facilité merveilleuse des communications fait entrevoir un avenir prochain, où la souffrance ne pourra atteindre une population située sur un point du globe, sans que le remède soit à sa portée, si elle a l'énergie et l'intelligence d'en profiter.

Enfin, notre dernière observation est celle-ci : la misère et le paupérisme sont d'autant plus grands que le capital est moindre dans une société, et surtout que la propriété y est plus difficile à acquérir et à conserver.

Que le paupérisme soit d'autant plus grand que le capital est moindre, cela est bien évident; cela revient à dire qu'on ne peut travailler, et surtout produire beaucoup, sans outils. La production de richesses croît avec une extrême rapidité avec l'accroissement du capital, des machines notamment, celle des subsistances avec les engrais, le bétail, les irrigations, c'est-à-dire à mesure que l'on fait intervenir davantage les forces naturelles dans la création des utilités; tout cet ouvrage est la démonstration de cette vérité presque évidente d'elle-même, et prouve surabondamment que les richesses d'une nation

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

sont précieuses surtout en raison des nouvelles richesses qu'elles permettent d'engendrer.

Si l'existence du capital, c'est-à-dire de la richesse elle-même, est la condition principale du bien-être d'une nation, il en est une seconde qui est presque d'égale importance, c'est sa division, qui répond à la multiplicité, au grand nombre de familles placées à l'abri de la misère.

La culture morcelée engendre la misère la plus affreuse en Irlande, la division du travail dans les grandes manufactures crée trop souvent des classes qui fournissent un triste contingent au paupérisme; au contraire, la propriété divisée procure l'aisance à des populations nombreuses dans les plus belles provinces de France. C'est la propriété qui donne à l'homme, avec quelque bien-être, le désir d'assurer celui de sa famille, d'en restreindre l'accroissement, tandis que la misère le rend insensible au sort d'enfants aussi misérables que leurs parents. Ce n'est pas directement, parce que les fruits du travail appartiennent au propriétaire, qu'il en est ainsi : c'est parce qu'il en résulte une certaine indépendance qui permet une culture morale, engendre un certain ressort de l'âme. C'est dans cet élément qu'est le correctif le plus puissant de la loi de Malthus, vraie quand on parle d'unités physiques qui s'abandonnent à leur sort, fausse quand on considère avant tout le ressort moral de l'homme, qui peut accroître à la fois la production et sa résistance aux souffrances, par son énergie.

C'est surtout la propriété qui fait que l'accroissement de la population peut être toujours accompagné d'un développement plus rapide de puissance, en permettant d'utiliser dans l'intérêt général, au profit de tous, les puissances naturelles de tout genre. Le but de tous les efforts du pouvoir social, secondé par le dévouement du bon citoyen, doit être de faire respecter la propriété justement acquise, d'assurer sa complète sécurité, de protéger l'exercice intégral des droits acquis par toutes les énergies, pour que tous les efforts aboutissent à l'abondance, sans cesse croissante, de travail. Ce sont les lois protectrices des justes droits qui sont la condition nécessaire de la création de la richesse et sont l'honneur d'un pays, et il faut les compléter, ce qui sort du droit strict, et est du domaine de la bonne fraternité, par des institutions qui tendent à l'élévation, facilitent l'accession du plus grand nombre à l'indépendance et au bien-être, fruit de la propriété. La question de population se résout donc, par suite, en même temps que la question économique et même la question politique. C'est assez en dire toute la difficulté.

ÉCONOMIE DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE

Les questions économiques, au point où nous en sommes arrivés, perdent de leur intérêt et ne sont plus qu'une abstraction scientifique, si on ne les applique à un grand pays ayant des mœurs, des tendances déterminées. Il en est ainsi, et des forces productives dont l'évaluation est l'objet d'une science spéciale, la statistique, et des droits reconnus par les lois qui limitent la concurrence, et qui existent plus ou moins particuliers dans chaque pays en raison des idées, des passions, des préjugés.

Nous allons donc continuer notre travail en nous plaçant au point de vue français, et pour cela :

Passer rapidement en revue les ressources et l'organisation de l'industrie française ; reconnaître les voies où le génie de la nation l'appelle aux plus grands succès ;

Jeter un coup d'œil sur l'industrie des autres pays avancés, et notamment de l'Angleterre ;

Tirer de ces études quelques conclusions qui indiquent la voie dans laquelle les mœurs de notre pays doivent l'entraîner pour réaliser de grands progrès.

Nous pourrons alors étudier plus utilement les priviléges, les droits qui sont des limitations de la concurrence ; celle-ci s'énonce par un mot, mais les droits acquis se déterminent dans chaque cas particulier, et sont soumis à des influences diverses. L'étude de ces restrictions formulées par la législation, qui ne doit faire respecter que les droits légitimes, offre un grand intérêt, puisque nous avons vu qu'elles concordaient avec les occasions de profits, c'est-à-dire se rapportaient à la question vitale de la production de toute richesse, car c'est l'espoir du profit qui est la cause de toute entreprise.

APERÇU SUR L'AGRICULTURE ET L'INDUSTRIE FRANÇAISE.

Comme c'est pour la France et l'industrie française que nous écrivons, cherchons d'abord à constater l'état de l'industrie agricole et manufacturière en France, et en même temps à mettre en lumière les traits principaux de son organisation industrielle.

DE L'AGRICULTURE.

Le cachet le plus saillant de l'agriculture française, qui crée des richesses très-considérables, puisqu'elle suffit à l'alimentation généralement suffisante de 40,000,000 d'individus, ce qui par 360 jours et seulement 50 cent. par jour, répond à 7 milliards de produits (Voyez *Statistique de l'agriculture*), se trouve dans la petite propriété, dans la propriété morcelée plus qu'en aucun autre grand pays. Une action incessante, depuis la révolution de 1789, surtout due à la loi de succession qui vient forcer au morcellement, partage la grande propriété en petites ou tout au moins en moyennes propriétés. On en a l'indication dans ce fait que les cotes foncières s'élèvent d'après le cadastre au nombre de onze millions !

Sans doute, bien des cotes se rapportent à des biens divers possédés par un même individu, mais toute défalcation faite, pour une nation où le nombre des chefs de famille ne dépasse pas huit ou neuf millions, le nombre des propriétaires n'en est pas moins immense. Certes, on ne peut dire que le sort de tous ces petits possesseurs du sol soit digne d'envie surtout si on le compare à celui des gros propriétaires, qu'il n'existe pas des subdivisions tellement petites qu'on cesse de les cultiver ; mais en somme il correspond à une production considérable et crée des populations énergiques.

Le cachet économique de ce système, c'est qu'on produit beaucoup, qu'on vend et qu'on n'achète guère. Le produit net, l'excédant de la production sur la consommation y est peu considérable, la satisfaction de cette dernière est le but à atteindre. La terre profondément labourée à la bêche, soignée par une famille qui ne compte pas sa peine, est cultivée plutôt en jardinage qu'en grande culture dans les bonnes terres ; sans produire de rente, dans des conditions inabordables pour le fermage, dans les mauvaises. L'impossibilité d'acquérir des instruments coûteux pour cultiver des surfaces de petite étendue, le besoin absolu d'une récolte presque toujours la même, rendent certains progrès difficiles, ce qui indique les dangers de l'abus ; aussi les théoriciens vantent-ils la grande culture, mais les politiques admirent la petite, qui crée des citoyens robustes, libres et indépendants.

Remarquons que bien des cultures profitables, pouvant difficilement s'exercer sur une grande échelle, viennent prendre une grande importance dans la production agricole de la propriété divisée. Ceci est une cause de division aussi souvent qu'un effet, et l'influence de ces cultures est extrêmement considérable en France. Indépen-

damment de la culture maraîchère, qui emploie beaucoup de bras dans les abords des grandes villes, et qui s'exploite mal en grand ; des produits considérables de basses-cours soignées par la ménagère; on doit citer la culture de la vigne qui produit annuellement plus d'un milliard de valeurs, et la production de la soie, qui, sans la maladie des vers à soie, atteindrait aujourd'hui 200 millions; travaux qui occupent tant de bras, pour lesquels la production sur une grande échelle est difficile.

Ce qui précède suffit amplement pour faire comprendre l'importance immense de la petite propriété dans l'agriculture française. Toutefois, les principaux produits agricoles, les céréales, ne peuvent se produire économiquement que dans des cultures plus étendues. Aussi la petite et la moyenne culture se développent dans toutes les parties de la France les plus prospères, la grande propriété, et aussi la grande exploitation, ne se maintiennent que dans les parties peu fertiles. Les fermes sont, en général, d'assez faible étendue dans les contrées les mieux cultivées, la Flandre et la Normandie, par exemple.

La petite propriété, la petite ou au plus la moyenne culture, telle est incontestablement la tendance de l'industrie agricole en France, ou plutôt telle est la révolution déjà opérée. On peut bien blâmer les abus qui peuvent accompagner une pareille organisation et prouver que la grande propriété a son utilité dans certains cas, que la limite extrême de la division a été atteinte, mais, somme toute, il s'agit, pour la France, de la prospérité d'une agriculture ainsi organisée.

Inutile d'insister à cet égard, nous dirons encore seulement ici un mot de la liaison intime qui réunit l'agriculture à l'industrie manufacturière.

Le progrès industriel faisant croître les populations et par suite les demandes de produits agricoles, contribue puissamment à rendre l'agriculture profitable en tant qu'industrie donnant des produits nets importants, et forme des entrepreneurs capables pour l'industrie agricole, la plus difficile de toutes. L'exemple de l'Italie, de la Belgique au moyen âge, de l'Angleterre depuis le commencement du siècle, de la Flandre, de la Normandie de nos jours, prouvent bien manifestement comment les progrès de toutes les industries contribuent à la prospérité de l'industrie agricole.

DES ARTS ET MANUFACTURES.

Nous ne voulons pas revenir ici sur l'importance relative des diverses industries de la France que l'on peut apprécier par les chiffres donnés à l'article *Statistique*, mais seulement esquisser les principaux traits de la constitution économique de nos principales industries.

Passons d'abord en revue les industries dans

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

lesquelles la France excelle, dans lesquelles elle surpasse toutes les nations rivales, ce qui est facile à reconnaître par les exportations auxquelles ces industries donnent lieu. Elles sont évidemment celles qui conviennent le mieux au génie national, qui y excelle, et leur organisation doit être la plus naturelle à l'esprit de la nation, car elles sont nées sous cette forme dans notre pays. Nous diviserons ces industries en quatre classes renfermant la presque totalité de nos exportations :

1° Tissus;
2° Machines;
3° Produits chimiques;
4° Articles de goût comprenant les applications industrielles des beaux-arts.

1° Tissus. — *Tissus de soie*. La fabrication des étoffes de soie est sans contredit celle qui fait le plus d'honneur à notre pays. Cette magnifique industrie, qui acquiert à des prix élevés toute la soie dont la production est la fortune du midi de la France, et qui lui tient ouvert un débouché plus grand, vu la quantité de soie qu'elle acquiert à l'étranger, produit une valeur moyenne de 600,000,000 de francs avec 200 000,000 de francs de soie. Sur cette quantité, 80 à 100,000,000 de francs sont consommés en France et le reste est exporté.

Tout le monde connait l'organisation de l'industrie de la soie. On sait que les métiers, au nombre de près de 100,000 dans l'arrondissement de Lyon, de 30,000 dans celui de Saint-Étienne (ceux-ci spécialement consacrés aux rubans), en nombre considérable, quoique moindre, à Nîmes, à Avignon, etc., appartiennent à des chefs d'ateliers qui en possèdent en général deux ou trois, et que les grands établissements n'ont jamais pu soutenir la concurrence des petits ateliers. Chaque article, ou plutôt chaque division d'article, exigeant une pratique spéciale, forme l'objet de la fabrication d'un grand nombre de fabricants qui rivalisent avec une ardeur et une habileté extrêmes pour obtenir les meilleurs résultats. Il serait impossible d'analyser les mille progrès de détail qui s'accomplissent chaque jour au milieu de cette population intelligente et laborieuse, de décrire avec quelle rapidité se produit le progrès continu qui assure la supériorité de notre industrie. Sans parler de l'admirable invention de Jacquart, qui a tant accru la fabrication des étoffes façonnées, que de découvertes importantes depuis quelques années ! Le battant brocheur, le métier pour faire les peluches en double, etc., et tant d'autres, sont venus montrer combien était fertile cette émulation entre un nombre aussi grand de producteurs, travaillant tous avec le stimulant de l'intérêt personnel.

Tissus de laine. Autrefois la draperie française avait une très-grande réputation, et si celle-ci

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

est toujours méritée, la concurrence étrangère n'en est pas moins venue réduire nos exportations en draps; mais le goût apporté à la fabrication de l'article dit *nouveautés* les a fait singulièrement augmenter dans ces dernières années.

L'industrie des laines nous offre deux organisations différentes. Deux villes voisines de la Normandie, Elbeuf et Louviers, sont à la tête de la fabrication des draps; presque égales en 1817, les productions de ces deux villes ont marché d'une manière toute différente, et celle d'Elbeuf est aujourd'hui quadruple de celle de Louviers. D'où peut venir une semblable variation? De l'organisation démocratique de la fabrique à Elbeuf, et pas d'autre cause.

Tandis qu'à Louviers des établissements complets réunissent la filature, la teinture, le tissage, les apprêts, etc., à Elbeuf il ne se rencontre que peu de fabriques de ce genre (au moins il en existait peu à l'origine de la prospérité industrielle de cette ville), tandis qu'il existe un nombre considérable d'établissements faisant une seule de ces opérations, et même souvent une partie seulement de ces opérations.

De là, émulation inouïe pour faire plus rapidement, plus simplement, à meilleur marché chaque opération; facilité extrême pour tout travailleur laborieux de devenir fabricant avec des ressources limitées; division du travail dans toute la ville devenant un seul atelier doué d'une grande puissance industrielle, une ruche, disait l'Empereur; de là enfin supériorité et progrès de la fabrique d'Elbeuf, dont la création incessante d'articles nouveaux entretient la prospérité, et où l'agrandissement des fabriques est résulté des succès du centre industriel, de l'accroissement de la production.

Si de l'industrie des draps et du travail de la laine cardée nous passons au travail de la laine longue, de la laine peignée, nous arrivons à une industrie qui a pris en France de magnifiques développements et qui fait le plus grand honneur à l'intelligence de nos fabricants. Faire en laine toutes sortes d'étoffes légères était un des plus beaux problèmes à résoudre, et on peut dire que la France l'a admirablement résolu. Mais si la filature permettant la fabrication des mérinos et étoffes semblables avait un débouché propre, quelle assistance a trouvée cette industrie dans l'emploi intelligent de ses produits mélangés avec le coton, la soie, pour fabriquer les châles, et mille étoffes variées, notamment la mousseline-laine imprimée! La laine longue est devenue une des bases de notre industrie, une de celles à la prospérité de laquelle nous devons veiller le plus attentivement, et certes ce n'est pas son moindre élément de succès que le travail intelligent des nombreux fabricants de Lyon, de Reims, de Roubaix, etc., qui l'emploient pour la fabrication de tant d'étoffes diverses. L'industrie du tissage, si éminemment démocratique, puisque chaque métier constitue une petite fabrique, a trouvé dans l'utilisation des éléments élaborés dans de grandes filatures une source abondante de prospérité. La fabrication des étoffes mélangées est, pour Roubaix et Turcoing, la base d'une très-grande industrie; et ces centres luttent avec succès contre Bradford, qui crée en Angleterre tant d'articles de laine et coton.

Batistes. Malgré la découverte de la filature du lin à la mécanique, qui tend à déplacer la production des fils de chanvre et de lin, il est un article pour la production duquel la Flandre a su conserver son rang. C'est le tissage des toiles fines et surtout celui des batistes fabriquées avec des fils d'une finesse et d'une régularité admirables, que n'est parvenu que difficilement à produire le travail mécanique, et que filaient si bien nos paysannes du Nord.

2° Machines. — Les constructions mécaniques, sans la perfection desquelles une industrie n'existe vraiment pas, sont très-développées en France et en rapport avec le génie de nos savants et de nos inventeurs. Nos grands ateliers de construction luttent avec ceux qui font tant d'honneur à l'Angleterre; ils sont toutefois bien moins nombreux, et ce n'est pas depuis longtemps qu'ils peuvent rivaliser avec leurs modèles.

C'est dans la petite mécanique, celle qui s'exerce en général dans de petits ateliers, dans lesquels l'intervention directe du patron est plus grande, que nous remportons les plus grands succès. La construction des instruments de précision par Gambey, Brunner, Lerebours, celle des appareils de télégraphie par Bréguet, Froment, Hardy, sont des exemples bien connus de la vérité que nous énonçons. Pour une foule d'industries, le constructeur français livré exclusivement à la fabrication de machines spéciales jouit, grâce à d'heureuses inventions, à d'incessants progrès, d'une supériorité reconnue. Telles sont les presses mécaniques typographiques et lithographiques, les machines à pointes, à agrafes, les machines à graver, à filets, à bourse, etc., etc.

3° Industries chimiques. L'importance, le brillant avenir réservé en France aux industries qui reposent sur les sciences chimiques n'est pas, en général, apprécié à sa juste valeur. La diffusion des connaissances qui existe dans notre pays (où la chimie a véritablement pris naissance), le rôle assez restreint du capital dans la fabrication de produits qui n'exigent en général, pour être créés, que des établissements formés de quelques fourneaux et quelques hangars, ce qui permet presque toujours à celui qui fait la découverte d'en récolter les profits; l'appui mutuel que se prêtent les usines de ce genre en se multipliant, une fabrique nouvelle utilisant souvent les résidus de l'usine voisine, sont autant de causes qui doivent faire considérer les indus-

tries chimiques comme d'une extrême valeur pour notre pays.

Bien des personnes, à force d'entendre parler de forces motrices, de machines à vapeur, s'imaginent à tort que sur celles-ci repose toute fabrication. En effet, l'industrie ne se propose pas seulement de modifier la forme des corps, comme le fait l'industrie mécanique, elle se propose encore souvent de changer leur composition : c'est le but de l'industrie chimique. Et si une découverte moderne pouvait être mise en parallèle avec la machine à vapeur pour son importance, nous ne croyons pas qu'on pût trouver mieux que celle de la fabrication de l'acide sulfurique dans les chambres de plomb, qui, en permettant de produire cet acide à bas prix, a mis à la disposition de l'industrie une source précieuse de puissance chimique.

Passons en revue quelques-unes de nos principales industries chimiques.

L'*acide sulfurique* et la *soude* sont les deux principaux produits créés à l'aide du progrès des sciences chimiques. Fournissant un acide et un alcali puissant, ils servent d'éléments pour la création d'une foule d'autres substances. La fabrication de la soude, notamment avec le sel marin, dont l'absence par suite de la cessation du commerce extérieur fut un instant bien durement sentie pendant les guerres de la révolution, est un des plus beaux progrès de l'industrie moderne, et la découverte du procédé toujours suivi a justement immortalisé le nom de Leblanc.

La fabrication des *savons* a pris une grande importance, en France, secondée par le bon marché de la soude; on sait à quel degré de prospérité a atteint la fabrique marseillaise. Elle trouve aujourd'hui une concurrence dans la savonnerie parisienne, créée surtout pour utiliser les résidus de la fabrication des *bougies stéariques*, dont la découverte est due à M. Chevreul, qui a doté notre pays d'une industrie extrêmement profitable.

La *parfumerie* est une industrie donnant lieu à des exportations importantes, tant à cause de la variété de ses produits que du goût avec lequel on sait les disposer pour la vente.

Les *amidonneries*, les *féculeries*, la *fabrication de la colle forte*, du *noir d'os*, du *phosphore*, la fabrication des *produits chimiques* proprement dits, etc., occupent grand nombre de fabriques, la plupart de médiocre importance, et fournissent d'importants produits.

La *sucrerie* de betteraves, qui devient supérieure à l'industrie coloniale, multiplie le nombre de ses établissements. La *distillerie* de betteraves qui peut être installée, grâce au procédé Champonnois, dans toutes les fermes, réalise mieux encore que la sucrerie jusqu'à ce jour, l'alliance de l'industrie et de l'agriculture, qui engendre la prospérité de cette dernière par suite de l'accroissement du bétail.

La *papeterie* est une industrie dont la prospérité est assurée par l'abondance de la matière première, grâce à la grande consommation du linge de chanvre et de lin en France. C'est surtout sous le rapport des procédés chimiques que la papeterie française est remarquable; le blanchiment au chlore, le collage à la résine, etc., sont des inventions françaises.

Les *glaces coulées* sont fabriquées en France, avec une véritable supériorité, dans les beaux établissements de Saint-Gobain et de Cirey.

4° OBJETS DE GOUT. — ARTS D'IMITATION. Nous arrivons au point de supériorité le plus remarquable de l'industrie française, aux objets dont le bon goût, l'élégance fait la valeur.

L'*impression sur étoffes*, qui se rapporte également à la série précédente et à celle-ci, constitue une des plus belles et plus vitales industries de la France : bon goût des dessins les plus variés, richesse d'invention de procédés pour l'extraction, la préparation des substances tinctoriales, des mordants, de nouvelles couleurs, de procédés de gravures, de multiplication de ces gravures, telles sont les bases solides de sa prospérité. Exploitée dans un nombre très-considérable d'ateliers à Rouen, à Paris, à Mulhouse, ateliers dont le développement est dû bien plus souvent à des succès de fabrication qu'à des placements de gros capitaux antérieurement accumulés, cette industrie est une de celles qui nous font le plus d'honneur. La fortune y est souvent la récompense du dessinateur, de l'ouvrier intelligent qui sait trouver une couleur, combiner un dessin, inventer une machine; aussi y règne-t-il une émulation admirable.

Les *dentelles*, les *broderies*, travail des habiles ouvrières de nos campagnes, sont l'objet d'une grande fabrication restée dans l'intérieur des ménages, exercée au foyer domestique.

Papiers peints. Cette industrie est toute française; inventée par un fabricant français, elle est exploitée avec une supériorité incontestée par ses successeurs. L'organisation de cette fabrique est très-remarquable. Concentrée au faubourg Saint-Antoine à Paris, divisée en une quantité considérable de petites fabriques, au-dessus desquelles ne s'élève qu'un petit nombre d'établissements un peu importants, qui ne peuvent soutenir la lutte qu'avec les plus grands efforts, cette fabrication crée chaque jour, avec une fécondité extraordinaire, des produits d'un goût parfait. La variété de la production est telle que la planche à la main y lutte avec la fabrication à l'aide de machines employant des gravures plus coûteuses que celle de la planche plate et dont les frais ne sauraient se retrouver, la plupart du temps, pour les produits riches, car un nouveau genre de dessin a bientôt fait abandonner celui de la veille.

La *lithographie*, la *gravure*, ont en France un développement important. Le produit est ici trop

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

près de l'art pour que la concentration du travail puisse avoir lieu dans de grands ateliers. La plupart des imprimeurs lithographes sont des écrivains ayant pu, grâce à leur talent, faire quelques épargnes qui leur permettent de s'établir.

Les heureuses dispositions pour les arts du dessin, de la forme en général, qui existent en France chez tant de personnes, dispositions bien importantes à cultiver car elles sont la base la plus solide de notre richesse industrielle, nous assurent dans ces industries une place de premier ordre.

L'*imprimerie* est pour tous les pays une industrie qui a peu à craindre la concurrence des pays qui parlent une autre langue.

L'*orfévrerie*, le *plaqué*, les *bronzes*, etc., constituent des industries dans lesquelles l'esprit d'invention, le bon goût de notre nation a trouvé à s'appliquer avec un grand succès à une multitude de produits créés dans une foule d'ateliers. Les bronzes se fabriquent, on peut dire, à Paris, pour le monde entier; l'Angleterre ne connaît pas cette industrie semi-artistique.

La *bijouterie*, et surtout la fausse bijouterie, qui a pris des développements considérables dans ces dernières années, donne lieu à une division du travail indéfinie. Non-seulement les nombreux genres de bijoux différents, mais les moindres détails de fabrication font naître autant de chefs d'industrie. Si on parcourt les rues qui avoisinent la rue Saint-Martin à Paris, siége principal de cette fabrication, sur chaque porte on voit l'adresse d'un estampeur, d'un graveur, d'un émailleur; l'un fabrique les anneaux, l'autre les boucles, l'autre les chaînes, etc., et au milieu de cette variété de fabrication, tout ouvrier intelligent qui a de l'habileté, qui par quelque heureuse invention ou quelque tour de main nouveau, peut fabriquer un seul article avec quelque supériorité, s'établit et bientôt peut, à l'aide de travail, parvenir à l'aisance.

Il est impossible de se figurer quelle énorme dépense d'intelligence se fait dans une industrie organisée de la sorte; aussi notre bijouterie est-elle un objet d'exportation assez important, malgré les droits de douane, qui lui rendent difficiles les abords de pays où elle trouverait ses débouchés les plus avantageux: car nulle part elle ne rencontre de rivaux apportant des objets aussi brillants, d'aussi bon goût que ceux établis par nos ouvriers.

Articles de Paris. — Nous comprenons sous ce mot la série d'articles qui porte peut-être le cachet le plus caractéristique de la tendance naturelle de notre industrie. On sait combien l'exportation qui s'en fait est importante et de combien d'objets différents elle se compose; articles de peu de valeur intrinsèque, mais dont le bon goût fait le prix. On distingue principalement : les modes, la ganterie, les chaussures de dames, la tabletterie, l'ébénisterie, l'horlogerie, les parapluies, le cartonnage, etc. En général, ces articles ne sortent pas de très-grands ateliers. Nombre d'ouvriers en chambre, beaucoup de petits fabricants, pour un petit nombre de grandes maisons, se livrent à la création de ces articles, pour lesquels notre supériorité est incontestable, et devant lesquels les puissants moyens de production de la manufacture anglaise baissent pavillon.

Industries donnant lieu à des importations.

Passons maintenant aux industries que les états de douanes nous signalent comme étant en quelque point inférieures à celles d'autres pays, puisqu'elles donnent lieu à des importations, ce qui indique une certaine supériorité chez nos rivaux, quelque obstacle à leur développement chez nous.

Mines et métallurgie. — En tête des industries qui donnent lieu à des importations considérables, ou qui ne se sont développées qu'à l'abri de droits de douane, on doit placer l'extraction des substances minérales et la préparation des métaux. Certes il est impossible que nous arrivions à certains développements que peuvent seuls obtenir les pays favorisés de mines plus riches et plus abondantes que les nôtres, mais obtenons-nous tous les résultats que peuvent permettre d'espérer les richesses naturelles que renferme notre sol? Là est toute la question. Or, à l'exception de l'industrie houillère et de forges à fer considérables, nous ne pouvons compter que deux ou trois usines un peu importantes pour l'extraction du plomb. Ce n'est pas là la limite de ce que nous pouvons faire en métallurgie.

On a souvent répété que les Français n'étaient pas propres à ce genre de travail et qu'ils n'y trouvaient pas l'emploi de leurs qualités. Cela est évidemment une erreur. Est-ce que nos ingénieurs des mines ne sont pas aussi instruits et aussi actifs que les meilleurs métallurgistes de l'Europe? Est-ce que nos ouvriers perdent leur intelligence en descendant dans les mines?

Il faut pourtant qu'il y ait une cause à cette infériorité reconnue : est-elle seulement dans le peu de richesse de nos mines? ne résiderait-elle pas aussi dans l'organisation de notre industrie métallurgique? dans l'esprit de la législation qui régit les concessions des mines?

Dans cette circonstance, comme dans tant d'autres, on s'est demandé comment était organisée l'industrie anglaise, et l'on s'est trop empressé de l'imiter. Frappés de l'importance des établissements métallurgiques de l'Angleterre, les rédacteurs des lois qui régissent les mines ont proscrit les petites concessions, le travail sur petite échelle; de telle sorte qu'il arrive chaque jour que l'inventeur d'une mine voit, lors de la concession, celle-ci accordée à une compagnie voisine par le conseil d'État, préoccupé de donner à la loi sa véritable interpréta-

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

tion, en créant à tout prix de grandes concessions pour de puissantes compagnies, qui n'exploitent souvent que sur la centième partie de l'étendue concédée.

Le résultat d'un pareil système n'a pas été, ce nous semble, fort heureux, et pouvait-il en être autrement au milieu d'une société organisée comme la société française? N'y avait-il pas à emprunter à d'autres nations que la nation anglaise d'utiles enseignements. Nous verrons plus loin un modèle qui eût pu, nous croyons, être imité avec quelque profit dans certains cas. (Voyez *Industrie allemande.*)

Industrie du coton. — L'industrie du coton, dès longtemps prospère en France, et répandue en un nombre assez grand d'établissements qui pouvaient à l'origine rivaliser avec ceux de l'Angleterre, s'est trouvée singulièrement inférieure le jour où celle-ci eut établi ses grandes factories, merveille de l'industrie moderne. Des immenses établissements ont été créés plus tard en France à l'imitation de ceux de l'Angleterre, nous rapprochant du pays que nous avons pris pour modèle, mais l'initiative n'appartient pas ici à la France.

Plusieurs de nos grands fabricants répétaient depuis quelques années que la filature française pouvait parfaitement lutter avec celle de l'Angleterre, et les résultats du traité de commerce ont prouvé que nous pouvons lutter avec ce grand pays industriel pour la fabrication des tissus de coton; cependant, malgré le développement de nos grandes fabriques et la diminution des causes d'infériorité, lorsque les armes des deux pays rivaux sont presque les mêmes, qu'ils travaillent aujourd'hui avec les mêmes métiers, et que les progrès émigrent rapidement d'un pays dans l'autre, la lutte est pénible pour nos producteurs malgré un droit protecteur de 15 pour 100.

Industrie de lin et de chanvre. — Cette industrie, longtemps prospère en France, surtout dans la Flandre et la Bretagne, tant que la filature s'est faite exclusivement à la main, tend à se déplacer depuis que les Anglais ont encore organisé la filature mécanique en immenses manufactures. Pendant plusieurs années, des droits de douane considérables ont assuré de grands bénéfices aux personnes qui ont voulu fonder en France de semblables établissements; on a diminué ainsi l'importation, et peut-être fabrique-t-on maintenant aussi bien que les Anglais et à aussi bas prix dans certaines positions d'établissements, dont la valeur a été amortie.

Les sacrifices que s'est imposés le pays pour cette industrie ont contribué à assurer le succès des fondateurs de grandes manufactures, mais n'ont pas empêché que les bénéfices d'un travail qui était autrefois l'apanage de nos ouvriers de la campagne leur échappât. Était-ce dans cette direction que l'État avait des sacrifices à faire pour parer à tous les malheurs attachés à ce progrès? Nous ne le pensons pas, et nous dirons plus loin comment il nous semble qu'on eût pu pousser cette industrie dans une meilleure direction.

Instruments aratoires, taillanderie, horlogerie, etc. Parmi les autres articles d'importation d'objets manufacturés, ceux énoncés ci-dessus tiennent une place notable et entrent pour un chiffre important dans nos importations, malgré des droits de douane élevés. La taillanderie, les faulx, etc., viennent surtout de Styrie, où leur fabrication, due à des populations très-industrieuses, est puissamment secondée par la qualité des minerais qui donnent à très-bas prix d'excellent acier naturel très-propre à ces usages.

L'horlogerie commune est surtout produite par la Suisse, sous l'influence d'une organisation industrielle sur laquelle nous reviendrons.

Autres articles. Plusieurs autres articles entrent en France depuis la suppression des prohibitions. Tels sont, parmi les plus importants, les cristaux de Bohême, les poteries qui luttent difficilement avec notre fabrication de porcelaine dure, la première des poteries, et enfin quelques machines anglaises, grâce au bas prix de la fonte de fer en ce pays, à l'expérience et à l'habileté de quelques constructeurs.

INDUSTRIES LOCALES. — Nous appelons ainsi les industries qui s'exercent nécessairement sur les lieux de consommation.

C'est par spéculation plutôt que sur commandes le plus souvent que le travail est entrepris dans les manufactures: la production s'y fait en grand. Rien de semblable ne se rencontre dans le simple atelier de l'*artisan* professionniste: c'est lui-même qui fait le travail avec un petit nombre de compagnons, et il est le premier ouvrier de son atelier. Ici ce qu'on produit, ce ne sont plus des matériaux, c'est leur transformation en objets usuels servant à la nourriture, à l'habillement, à l'habitation, à la locomotion, etc., en un mot aux besoins de tous les instants. Avec de faibles moyens, l'artisan suffit aux exigences de sa position: les grands capitaux lui sont inutiles. Il n'en est pas de même des facultés intellectuelles; plus il en possède, plus il a pu les développer, et plus aussi son travail sera fructueux, plus il offrira d'avantages.

Dans les arts et métiers chacun sait que l'apprenti devient compagnon après un certain temps, et ce sont les compagnons les plus intelligents qui deviennent les maîtres, qui partant d'un capital minime parviennent souvent à la fortune.

RÉSUMÉ. — De l'examen qui précède il résulte bien clairement: que l'industrie s'exerce en France sous deux formes, possède deux organisations différentes.

Les industries en général récentes, sous leurs formes actuelles, sont celles que nous voyons

exploitées en France par grands ateliers : les forges à l'anglaise, les filatures de lin, de coton, etc., créées à l'abri de la protection des douanes, qui les ont fait importer sous la forme anglaise, avec la constitution économique qu'elles ont revêtue dans une société différente à tous égards de la nôtre. Nous ne prétendons nullement nier la haute valeur de cette organisation, et nous verrons qu'il y a des cas où elle devient nécessaire et où il importe beaucoup que de grandes usines prospèrent, à savoir lorsque la fabrication devient presque entièrement automatique, but auquel tend le progrès de chaque jour.

Les industries anciennes, que nous pouvons appeler naturelles, ont une organisation qui résulte du libre développement du génie, des mœurs de la nation française, de nos qualités comme de nos défauts. Or, dans la plupart de celles-ci il s'est établi un morcellement de la propriété industrielle, qui permet à l'individu intelligent de s'élever à leur tête, à l'aide de ses facultés intellectuelles, de petits capitaux formés par l'épargne. La division du travail qui y est poussée à l'infini fait naître un entrepreneur pour chaque fraction de travail.

Ces industries réunies aux industries locales sont les plus importantes de la France. Cette conclusion sera celle de toutes les personnes qui connaissent l'industrie française, elle n'a pu échapper à la *Société d'encouragement*, qui dit dans son rapport sur la situation de l'industrie française (1848) : « Pour se former une idée juste de la situation des ouvriers adonnés à nos diverses industries, il faut, en premier lieu, compter tous ceux qui travaillent dans l'atelier de famille et qui composent beaucoup plus de la moitié des ouvriers. Dans l'autre partie, c'est encore beaucoup plus de la moitié qui ne compte pas au delà d'un compagnon par atelier. (Ainsi, à Paris, l'enquête de 1850 a donné les chiffres suivants : Sur 101,170 ateliers, 69,192 ne comptent que le patron seul ou assisté d'un ouvrier, 31,480 de 2 à 10 ouvriers, 7,492 plus de 10 ouvriers.)

« En un mot, de même que la France est le pays de la propriété divisée, celui de la petite propriété, la France est le pays de l'industrie divisée, des petits ateliers. »

AGRICULTURE ET INDUSTRIE EN ANGLETERRE ET EN ALLEMAGNE.

Angleterre. Si l'on jette un coup d'œil sur l'agriculture et l'industrie anglaises, il est facile de reconnaître dans leur organisation des tendances opposées à celles que nous avons reconnues pour la France, l'influence de mœurs et d'idées différentes de celles qui prévalent dans notre pays.

Le sol, appartenant à un nombre limité de propriétaires et notamment à la noblesse anglaise, est divisé en fermes données à long bail

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

à des fermiers qui sont de véritables capitalistes, et qui exploitent avec toutes les ressources que fournit la science. Bien peu de lambeaux de terre échappent aux propriétaires qui transmettent leurs biens à leurs fils aînés; ils sont rachetés par eux à tout prix : car dans ce pays encore, comme dans toute l'Europe au moyen âge, la propriété du sol et la noblesse paraissent se confondre.

L'organisation des ateliers industriels est absolument celle des ateliers agricoles, c'est-à-dire que tout tend à la concentration des fabrications dans d'immenses manufactures. La puissance de l'industrie anglaise repose surtout sur les grands établissements où le génie des industriels est parvenu souvent à établir une fabrication presque automatique, où l'esprit des grandes affaires, soutenu par des capitaux abondants et peu coûteux, engendre les combinaisons les plus certaines pour obtenir de grands bénéfices. Le crédit, l'argent à vil prix vient au devant des grandes affaires, plutôt que vers les entreprises de moindre importance, caractère propre au contraire à l'industrie américaine. Que l'on passe en revue les industries qui ont fait la célébrité et la fortune de l'Angleterre, et l'on sera frappé de la justesse de ces observations.

Nous citerons les filatures de coton, avec les revenus desquelles Arkwright, le grand inventeur, et surtout le grand organisateur, disait avec raison qu'on pourrait payer la dette de l'Angleterre avec les produits des grandes filatures ; les immenses filatures de lin ; les grandes forges à fer, grands établissements ayant parfois jusqu'à douze ou quinze hauts fourneaux immenses ; les puissants chantiers de construction de bateaux à vapeur, etc., etc. Dans toutes les directions de l'industrie, pour le moindre détail qu'il est possible d'exécuter presque exclusivement par machines, des fabriques gigantesques sont créées.

Dans de semblables établissements, la fermeté de la direction traditionnelle dans une famille, combinée avec un patronage bienveillant, la diminution des frais généraux, une excellente organisation du travail, une large rétribution assurée à un ingénieur capable de bien diriger la fabrication, deviennent de puissants moyens de succès.

Nous n'avons donc nul motif de considérer comme n'étant pas d'une grande valeur une forme d'organisation qui a conduit à d'aussi brillants résultats et dont l'acclimatation a été difficile en France ; mais en en exagérant la valeur, on est arrivé à cette conséquence erronée qu'il n'y avait rien de mieux à faire qu'à copier, dans tous les cas, cette organisation. C'est en effet le but qu'on s'est proposé dans le monde entier depuis cinquante ans, en prodiguant les encouragements et les protections douanières, sans s'inquiéter de savoir si elle convenait aux mœurs, à la loi civile, aux tendances des pays auxquels on im-

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

posait ce mode étranger d'organisation industrielle; si les fabricants de ces pays avaient les qualités, le calme des fabricants anglais; si les ouvriers de toutes les nations pouvaient sans inconvénients être réunis dans de grands ateliers comme les ouvriers anglais, dont les coalitions destructives sont déjà assez fréquentes; nos méridionaux notamment n'ont jamais pu se plier à la discipline des grands ateliers. C'est ainsi que les proportions naturelles de chaque atelier se modifient avec les pays comme avec les individus qui les dirigent.

Il est assez curieux de noter que l'industrie anglaise, d'un pays à mœurs aristocratiques, développant le système des grandes manufactures, tende par cela même à produire des objets de grande consommation, de besoins populaires, pouvant être vendus en très-grande quantité; tandis qu'en France, dans un pays à mœurs démocratiques, le travail effectué dans de petits ateliers, avec une intervention plus directe de l'ouvrier, de l'imagination, du goût de l'artiste, s'applique naturellement à des objets destinés à satisfaire aux désirs des classes élevées.

Allemagne. L'industrie et l'agriculture allemande n'ont pas un cachet plus déterminé que les mœurs ne sont uniformes dans la vaste étendue de pays qui constitue l'Allemagne. Dans une grande partie cependant, où la noblesse est restée puissante, l'agriculture est organisée d'une manière analogue à celle de l'Angleterre, et les industries nouvelles, exploitées dans des établissements imités de ceux de l'Angleterre, se rapprochent aussi du mode d'organisation dont ce pays offre le modèle. Le contraire existe dans les provinces rhénanes, pays industrieux où s'est conservée la législation française. Les vieilles industries, dans ce pays de traditions, ont souvent des modes d'exploitation particuliers qui peuvent offrir des modèles extrêmement curieux de division de la propriété. Nous en citerons deux qui nous semblent très-curieux.

Le premier est l'exploitation des mines du Hartz, ce pays célèbre par les richesses qu'il produit, comme par les traditions locales chantées par les poëtes chéris de l'Allemagne.

Nous en donnerons une idée en quelques mots:

Dans le Hartz tout mineur n'est pas, comme dans le système anglais, seulement un salarié. Un très-grand nombre de ces mineurs sont de petits industriels. Tout individu peut attaquer un filon, poursuivre avec persévérance des chances de fortune, en respectant bien entendu les droits du voisin. Il résulte de là que tout mineur intelligent, appliquant dans son intérêt personnel son travail et celui de ses compagnons, dépense une énergie extrême, soutenu qu'il est par l'espoir du succès.

Lorsqu'il a obtenu une certaine quantité de minerai, il le transporte à Clausthal où est située la fonderie royale. Là, d'après un échantillon qu'évalue un essayeur, le prix est fixé et il peut en toucher immédiatement la valeur, sans qu'il ait à s'inquiéter des opérations postérieures. Sur cette valeur une retenue sert 1° à faire les travaux d'intérêt général, de desséchement, d'écoulement des eaux, et 2° à faire une pension aux vieux mineurs, aux veuves, à venir au secours des exploitants dont les filons sont trop pauvres.

Ce système qui n'est autre que l'exploitation démocratique des mines, sous un patronage paternel, a donné les plus admirables résultats.

Quelques heureux exemples de fortune soutiennent le courage d'une population énergique que rien ne rebute; l'espoir d'un meilleur avenir fait supporter les privations du présent; les travaux d'ensemble exécutés par le gouvernement sont faits avec un grandiose et une prévision de l'avenir qu'une compagnie ne saurait imiter; telles sont les galeries d'écoulement pour assécher toutes les mines d'une contrée dont les travaux durent quelquefois cinquante et même cent ans. Enfin la concentration des travaux métallurgiques dans les mêmes mains procure des économies très-importantes.

C'est ainsi que l'on est arrivé au Hartz à créer une belle et vigoureuse population de mineurs, ayant l'énergie et l'indépendance que donne à nos paysans la division de la propriété. C'est ainsi qu'on a pu continuer des exploitations qui eussent été abandonnées dans d'autres pays.

Le second exemple appartient à l'Autriche, que l'on considère comme si arriérée; c'est en Bohême qu'existe cet exemple, qui nous paraît bien curieux.

Nous extrayons ce qui suit des *Lettres industrielles* de M. Sallandrouze-Lamornaix, sur une exposition de Vienne.

« Les verreries de Bohême prennent chaque jour plus d'importance et augmentent chaque année leur exploitation. Elles trouvent dans la constitution politique du pays une source de prospérité. La plupart des propriétaires féodaux de Bohême possèdent d'immenses territoires couverts de forêts de sapins, et pour tirer parti de ces forêts, ils n'ont d'autres ressources que d'y établir des verreries qu'ils donnent à ferme, en fixant le prix du combustible pendant toute la durée du bail. Lorsque la verrerie a consommé tout le bois qui se trouve autour d'elle, on la transporte ailleurs, dans une partie de la forêt non encore exploitée.

« Ces petites fabriques isolées ne font guère qu'ébaucher le travail ; on transporte leurs produits dans des raffineries de verre, où ils reçoivent la dernière main, et où on leur donne ces formes variées qui distinguent le verre du Bohême. Plus de vingt mille ouvriers, dans le cercle d'Hayda, sont occupés à tailler, graver, dorer ces divers objets, qui s'exportent avec tant d'avantage, et qui donnent un si riche aspect aux magasins de Prague, de Carlsbad, de Marienbad et de Vienne.

« Les perles de verre, les perles artificielles, la lustrerie, forment une des plus curieuses branches de la fabrication du verre en Bohême. Cette industrie occupe sept mille ouvriers, répandus dans les montagnes et dans les vallées qui avoisinent Wisental. Le travail s'y fait en famille; les enfants y concourent dès l'âge de cinq à six ans. Les verreries de Gablonz et de Liebenon leur fournissent la matière première au plus bas prix; et de plus, c'est à peine si la main-d'œuvre (ce travail alterne en général avec les travaux agricoles) s'élève à une moyenne de 40 cent. par jour pour les hommes, et de 10 cent. pour les enfants.

« Dans ces conditions excessives de bon marché, la fabrication des perles et de la lustrerie ne craint aucune concurrence étrangère; aussi pénètre-t-elle sur tous les marchés sans rivalité possible. Elle envoie ses produits en France, en Angleterre, en Hollande; elle a ses débouchés en Orient, en Égypte, dans l'intérieur de l'Asie et même en Chine. »

Suisse. Une industrie qui peut se rattacher soit à l'industrie française, soit à l'industrie allemande, car elle appartient à une nation formée de ces deux races, la Suisse, fournit un modèle d'organisation industrielle extrêmement intéressant. Nous voulons parler de l'alliance de l'industrie agricole et de l'industrie manufacturière, de la culture de la petite propriété agricole réunie à l'exercice d'un métier. Rien de plus admirable que les cantons de Neufchâtel et de Genève, où l'art de l'horlogerie est devenu une source de fortune pour les habitants. On n'y voit pas une cabane, pas un haillon; de charmantes maisons, des populations bien vêtues, l'aisance partout, voilà ce qu'a produit une industrie très-divisée chez des populations laborieuses et intelligentes.

Le travail de la soie, la broderie, ont produit le même effet dans les cantons de Zurich, de Saint-Gall, et certes s'il est un modèle qu'il y ait à imiter, un progrès à réaliser, c'est celui de faire aussi bien que dans ces pays. La possibilité d'utiliser avantageusement, par l'exercice d'une industrie, tous les moments que laisse la culture est un de ces progrès qui ne laissent aucun regret, et Dieu merci, l'horlogerie dans le Jura, la pendulerie aux environs de Dieppe, la broderie en Lorraine, la serrurerie en Picardie, le travail des bois d'éventail dans l'Oise, fournissent d'intéressants exemples en France d'organisations semblables qui produisent le bien-être dans les familles sans aucun des inconvénients reprochés souvent aux grands ateliers.

La sucrerie de betteraves notamment en créant beaucoup de travail pendant les mois d'hiver remplit un rôle analogue, et chacun sait combien elle est profitable aux populations agricoles de nos départements du Nord.

DE L'ORGANISATION DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE.

Il ne faudrait pas exagérer la portée des observations précédentes; elles ne font pas que la vérité change avec les nations, qu'on ait nulle part le droit de violer la justice sous prétexte de faire le bonheur universel, soit avec la république de Lycurgue, soit avec le phalanstère de Fourier ou le communisme de L. Blanc.

Il n'y a d'organisation industrielle vraie, normale à notre époque, dans une société chrétienne, que celle qui repose sur la liberté du travail et la propriété des fruits de ce travail; en dehors de cela il n'y a que produits malsains de cerveaux déréglés. D'une division nécessaire du travail entre le patron et l'ouvrier, des salaires et des profits résulte la position de chacun dans la société. Cela est tellement évident, qu'il semble que c'est perdre son temps que de s'arrêter sur ce point, et cependant il faut bien tenir compte de ces aspirations d'égalité à outrance qui règnent dans les bas-fonds de notre société, qui tendent au remplacement du fabricant par son homme de peine, du cultivateur par le balayeur de son étable. Ce sont de véritables insanités dont il faut cependant s'occuper, car ce sont elles qui empêchent surtout la France de prendre place en tête des nations civilisées.

Malgré tous les dires de l'envie, le succès dans l'industrie appartient généralement à des hommes assez intelligents pour bien diriger une fabrication, combiner des opérations, employer un véritable génie quelquefois pour s'assurer des profits, malgré tous les obstacles. Chacun a vu un ouvrier capable fonder une entreprise, conclure des marchés librement débattus, et parce qu'il faisait mieux et plus habilement que d'autres, arriver à la fortune. Qu'est celle-ci, sinon le libre payement, par tous, de services reçus?

Mais, ajoutent les esprits chagrins, il n'en est pas toujours ainsi; quelquefois le savoir-faire, la mauvaise foi même, viendront procurer à un individu des bénéfices immérités. Cela peut arriver et est très-fâcheux, mais c'est une malheureuse conséquence de la pratique de la liberté. C'est à la loi, mais surtout à l'intelligence de chacun de nous, aux mœurs publiques, de rendre très-rares ces exemples de succès immérité. Mais pourrait-on se dispenser de payer les savants médecins qui savent guérir les malades, attirés vers eux par leur juste réputation et leur grand savoir, parce qu'un charlatan sans mérite obtiendra aussi des profits en faisant croire aux imbéciles qu'il fait des cures miraculeuses? Ce sont là des inconvénients secondaires de la liberté, qui ne doivent pas la faire repousser par des hommes dignes de la supporter.

Le groupement des chefs d'industrie dans des

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

corporations libres est, comme nous le verrons, une des formes sous lesquelles l'estime publique peut le mieux corriger les erreurs du succès. Aussi bien, si on récuse l'acquisition de la fortune par le succès des transactions librement consenties, il n'y a qu'une autre forme possible, c'est de la fonder sur le choix par des chefs désignés d'une manière quelconque, sur des examens perpétuels comme en Chine, sur des élections, enfin d'inventer des systèmes à propos desquels les rêveurs peuvent se donner libre carrière, mais qui ont le défaut commun d'être inapplicables, parce que jamais l'individu n'acceptera pareille confiscation de sa liberté, et qu'il trouvera toujours moyen de se soustraire aux souffrances intolérables qu'on voudrait lui infliger, sous prétexte de faire son bonheur.

Il nous a été donné d'assister à la plus belle étude d'un système de ce genre qui ait jamais été faite, étude qui a conduit à la plus complète démonstration par l'*absurde*, suivant la méthode des géomètres, les esprits logiques et distingués qui s'étaient laissé séduire par l'apparente et séduisante solidité des principes. Nous voulons parler du Saint-Simonisme.

Saint-Simon avait formulé le principe de la réforme sociale en ces mots : *A chacun suivant sa capacité, à chaque capacité suivant ses œuvres.*

Cet énoncé des droits de l'intelligence et du travail, dernière formule de la philosophie moderne, séduisit nombre d'esprits fort distingués et notamment des jeunes gens ardents, ayant contracté à l'École polytechnique l'habitude de la méthode des sciences mathématiques, et l'appliquant tout naturellement aux sciences politiques, sans se douter qu'ils faisaient ainsi fausse route.

La vérité proclamée par Saint-Simon, défendue comme de toute évidence par Enfantin, Bazard, Chevalier, Barrault, Pierre Leroux, Carnot, Duveyrier et tant d'autres hommes distingués, était tout simplement une grossière erreur, comme ils se chargèrent de le démontrer.

En effet, pour faire reposer l'édifice social sur la seule capacité reconnue par des pères, dont le despotisme inspiré des coutumes des Jésuites au Paraguay n'eût jamais été supporté, il fallait, comme conséquence forcée, enlever les enfants à la famille. Conçoit-on qu'on assigne à vingt ans, au fils du millionnaire peu capable, la fonction et l'existence du décrotteur ou du balayeur des rues? Évidemment cela ne peut se faire qu'en enlevant l'enfant à la mère et au père dès son bas âge, c'est-à-dire en supprimant la famille. Que devient alors la société, le mariage? Enfantin chercha en vain la femme libre, la mère, pour formuler quelque chose d'acceptable; le système, fondé en apparence sur un principe raisonnable, s'écroula sous les huées provoquées par ses conséquences logiques, nécessaires, destructives de la famille, du mariage, de tout ce qu'il y a de sacré et d'inattaquable. On ne saurait trop rappeler ce grand exemple aux trop ardents amis du progrès, aux chercheurs de l'absolu, qui n'ont pas une doctrine philosophique qui vaille celle de Saint-Simon, soutenue par le talent d'apôtres aussi éminents, dont les travaux sur les chemins de fer, le percement de l'Isthme de Suez et tant d'autres ont été justement admirés.

La constitution naturelle de la famille, la liberté des transactions, de s'appliquer le fruit de ses efforts, ce sont là des éléments fondamentaux de toute société, contre lesquels rien ne saurait prévaloir. On pourra faire naître bien des souffrances en gênant leur action naturelle, mais la force des choses, la nécessité d'exister, contraindra toute société vivante à briser les entraves qu'on voudrait y apporter.

A chaque époque l'aspiration naturelle vers le bonheur universel, combinée avec les sentiments d'envie et de jalousie, passion dominante des classes pauvres qui vivent au milieu du luxe des grandes villes, fait naître une formule qui passionne les masses. C'est avec son aide que les hommes politiques, qui veulent arriver à tout prix, entraînent les populations; c'est à l'élucider que s'appliquent les esprits chagrins, souvent fort distingués, qui se trouvent méconnus par leurs contemporains.

Après le Saint-Simonisme nous avons eu le Fouriérisme, rêve peu sérieux, faisant le bonheur de l'humanité en lui faisant habiter des grandes casernes, séjour de fêtes perpétuelles, pendant lesquelles les travaux rebutants devaient se faire sans qu'on s'en aperçût; le grossier communisme de Cabet, la Banque d'échange de Proudhon, arrivant avec toute la force de son esprit appliqué à un problème insoluble, à réinventer la planche aux assignats, pour rendre chacun capitaliste. Autant de formules de bonheur universel, de variations du même thème.

C'est surtout la tendance communiste qui apparaît maintenant aux jours de révolution, lorsque tout pouvoir régulier est renversé. Proudhon a dit avec crudité, mais avec grande raison, que les communistes étaient aussi bêtes que méchants, et s'ils apparaissent dans les grandes villes, aux jours de pillage et d'insurrection, là où des richesses considérables ont été accumulées par le travail des générations successives, ils ne pourraient exister livrés à eux-mêmes, aucun d'eux ne voulant travailler avec quelqu'énergie dans la crainte d'enrichir son voisin du fruit de son travail.

Aujourd'hui que tous ces systèmes sont démodés, ne peuvent plus être soutenus par écrit, ne supportant pas la discussion, et que cependant on ne peut guère trouver rien de nouveau au fond, on a changé le mot: il s'agit de faire le bonheur universel *par la solidarité, la coopéra-*

tion, sous la forme de sociétés qui tendent à rapprocher nos ateliers des couvents du moyen âge, en effaçant la propriété individuelle et surtout en faisant disparaître le patron, en les constituant sous la forme républicaine, égalitaire.

Étudions-la avec quelques détails, et rappelons les motifs qui font qu'une société de production par coopération ne peut généralement pas réussir.

En fait, d'abord, les échecs sont multipliés à l'infini dans les tentatives faites à Paris, par exemple, sous l'influence des passions politiques. Ainsi, nous avons vu la société des ouvriers boulonniers dévorer tout le capital de la caisse Beluze de Crédit au travail, qui prétendait résoudre le problème social par l'alliance du crédit et de la coopération; celle des ouvriers mégissiers avoir facilement raison des économies des caisses fraternelles de plusieurs autres professions qui lui furent confiées. Pour presque toutes, les choses se passent de la même manière, et il est démontré, par des expériences multiples, qu'une société coopérative *vraie* ne peut marcher.

Le cachet de cette société est qu'elle a lieu entre des égaux, dont aucun ne doit s'élever au-dessus d'un autre, d'où tout privilége est absolument banni. Cela est fraternel, égalitaire, a toutes les qualités démocratiques que l'on voudra, mais ne vaut pas mieux pour l'industrie que pour la guerre. Conçoit-on une armée coopérative composée de soldats seulement, ayant des chefs provisoires, révocables à volonté? Un atelier industriel privé de direction est à peu près dans les mêmes conditions, c'est toujours un corps sans tête.

La vie des sociétés coopératives est celle de nombre de républiques : luttes intestines, guerres civiles incessantes, paralysant les efforts les plus méritants, amenant nécessairement la dissolution et la ruine.

Un gérant suffisamment capable est évidemment la condition indispensable du succès: le trouver et le nommer est le premier écueil; le second est qu'il ne soit pas fatigué par les querelles suscitées par quelques-uns des associés, qui refusent sans cesse d'obéir à celui qui fait le maître; le troisième enfin, qu'il cesse de se contenter de la rémunération commune à ceux qui n'assurent en rien le succès comme à celui qui en est l'auteur.

Pratiquement, le gérant d'une société coopérative, s'il est suffisamment capable, absorbe la société ou l'abandonne pour être remplacé par un maladroit qui la conduit ou la laisse arriver à la ruine.

Si l'on ajoute à cela l'absence de crédit qui pèse sur une société instable, dans le chef de laquelle on ne peut avoir confiance, puisqu'il n'est ni libre de ses actions, ni assuré de son lendemain, l'impossibilité avec une instabilité pareille de conquérir une clientèle dévouée, voilà bien

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

des causes qui rendent presque impossible le succès d'une société coopérative.

Mais, dira-t-on, s'il y a quelques exceptions, on peut espérer en rencontrer une, et arriver ainsi au succès! Au point de vue individuel nous admettons le raisonnement; mais au point de vue social il est sans valeur, vu qu'une société coopérative qui réussit exceptionnellement disparaît bientôt, change de nature.

Lorsqu'une société coopérative a réalisé des bénéfices, elles se termine d'une des deux manières suivantes. Si elle compte beaucoup de membres, cas exceptionnel qui ne peut se rencontrer que pour des industries où le travail de direction est peu de chose, pour l'industrie du bâtiment par exemple, où l'architecte fixe toutes les conditions du travail, règle les factures, etc., la solution est la division du capital acquis, chaque associé tenant, avec raison, à faire rentrer dans son ménage sa part de bénéfices. C'est ce que nous avons vu se produire pour l'association des ouvriers maçons, qui, après avoir réalisé des profits importants dans la construction de la gare du chemin de fer d'Orléans, s'est dissoute à la satisfaction générale des nombreux associés. La petite propriété personnelle, celle de la maison qu'on habite, du champ qu'on cultive, a toujours un charme particulier, une sécurité que n'offre pas un droit indivis sur un capital auquel on ne peut toucher, qu'on ne peut administrer à volonté.

Les *pionniers de Rochdale*, sur lesquels on a beaucoup écrit, sont aujourd'hui de simples associés dont le nombre n'augmente plus, et qui emploient des ouvriers aux mêmes conditions que tous les filateurs de la contrée.

Lorsque la société coopérative est peu nombreuse, elle finit en général autrement. Lors du décès ou de la retraite d'un des associés, les autres, ne voulant pas donner une part des bénéfices acquis à un nouvel arrivant, serrent leurs rangs, et bientôt la société se trouve une simple association entre deux ou trois personnes. Très-souvent l'établissement reste à un seul d'entre eux.

Les exemples de ce que je dis là surabondent, il n'est personne qui n'ait entendu parler de quelque cas de ce genre. J'ai beaucoup connu un sculpteur, qui est devenu ainsi patron, pour avoir été forcé d'entrer dans une association ouvrière en 1848, afin d'obtenir des travaux dans les édifices publics que le gouvernement ne voulait donner qu'à de semblables associations.

En résumé, l'association est une chose excellente, mais qui n'a pas été inventée par les novateurs de nos jours. Que plusieurs habiles ouvriers s'associent pour tenter la fortune, qu'ils essayent, en réunissant leurs économies, leurs capacités, de fonder un établissement, c'est ce qui se fait tous les jours et conduit souvent à un succès mérité. L'idée de la coopération n'a rien ajouté d'utile à ce ressort vital de l'industrie.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

1. — DE L'ORDRE DANS L'INDUSTRIE.

La liberté d'action, le droit pour chacun de disposer à son gré du fruit de son travail, étant un des droits fondamentaux dans toute société civilisée, la condition même de son existence, qu'elle doit toujours protéger, tout individu ayant une volonté énergique, doué de quelque parcelle de génie industriel, pensera à fonder un établissement, à construire l'édifice qui assurera son indépendance et le bien-être de sa famille.

C'est le caractère propre de l'industrie française, ainsi que nous l'avons vu, que la multiplicité des petits ateliers, que la division de l'industrie dans nos villes de fabrique. C'est une conséquence de l'esprit ingénieux, du caractère entreprenant de notre race, un des éléments essentiels dont il faut tenir grand compte quand on parle de notre pays.

Un habile ouvrier, dès qu'il aperçoit le moyen de perfectionner un détail de fabrication, cherche à l'entreprendre à son compte, en se plaçant dans les meilleures conditions économiques. L'intelligence, le travail personnel sont admirablement utilisés dans de semblables conditions, dont l'industrie lyonnaise nous offre un exemple remarquable.

Lorsque le fondateur d'un établissement a un véritable génie industriel, lorsqu'il appartient à une de ces familles laborieuses qui accumulent les résultats des travaux de générations successives, qu'il s'agit d'une fabrication que le progrès tend à rendre automatique, il arrive à la création d'une de ces grandes usines qui sont la gloire de l'industrie d'un pays. Sans doute, il faut le plus souvent, pour créer de grandes manufactures, une succession d'inventions de machines et d'appareils; mais outre qu'ells sont souvent dues au fondateur, comme Japy en a offert l'exemple, il faut surtout à celui-ci de grandes qualités d'organisateur et de commerçant.

Ces grands établissements constituent la base solide de l'industrie d'un pays, sont une condition essentielle de sa prospérité, en lui fournissant à bas prix des produits qui sont de véritables matières premières pour les fabrications qui en effectuent une élaboration qui les rapproche plus de la consommation. Tels sont, par exemple, les fers bruts pour la serrurerie et la mécanique, les filés pour les tisserands, les calicots pour les imprimeurs sur étoffes, etc.

Entre la grande et la petite industrie se classent de nombreux établissements d'importance moyenne, qui s'élèvent à la première en raison de la capacité de leurs chefs et retournent à la seconde lorsqu'ils se laissent dépasser par leurs rivaux. La prospérité générale, la richesse de la société, les débouchés, etc., jouent un grand rôle dans tout ceci et c'est de tous les éléments extérieurs, comme des efforts des producteurs libres, que résulte l'organisation naturelle de l'industrie d'un pays, celle qui utilise le maximum d'énergie des producteurs et engendre le maximum de richesses. Elle varie évidemment avec les races, pour les diverses sociétés : c'est ainsi qu'en France et en Amérique, l'ardeur de parvenir fait multiplier les ateliers plus qu'ailleurs, et que les petits ateliers sont extrêmement nombreux dans notre pays; mais il n'en résulte pas que l'on doive, pas plus au point de vue de l'utilité que de la justice, favoriser par un socialisme de mauvais aloi, un genre d'établissement au détriment d'un autre, car leur prospérité à tous est une condition essentielle de la prospérité générale.

La question vitale pour les divers ordres d'ateliers est l'existence de l'ordre, sans lequel tout travail intelligent, assidu, est impossible; c'est une question capitale pour la France, puisque ce sont les populations ouvrières qui font les révolutions, qui bouleversent sans cesse notre pays, que c'est chez elles qu'est né le socialisme qui nous a valu les journées de juin en 1848 et la Commune de Paris en 1871, taches ineffaçables de l'histoire contemporaine.

De nos jours, en effet, l'industrie a pris un immense développement, principalement celle concentrée dans de puissantes manufactures, dont on n'avait nulle idée avant la fin du siècle dernier. (Watt prenait son brevet, tentait de construire sa machine à vapeur en 1769; la mull-jenny a été inventée en 1775.) Aussi le travail industriel a augmenté en France dans des proportions gigantesques : la production s'est élevée, prix des matières premières compris, de 2 milliards en 1815 à 10 milliards en 1865! Or, ce ne sont pas les machines seules qui ont créé ces richesses; comme l'a surabondamment prouvé Bastiat, c'est principalement de salaires qu'elles sont formées. Ceux-ci se partagent entre près de deux millions d'ouvriers, en général bien payés, toujours bien mieux que les journaliers agricoles, c'est-à-dire entre les chefs de familles comptant six ou huit millions de personnes.

On doit penser que la production industrielle étant devenue immense, l'administration de l'industrie, les relations du gouvernement du pays avec la nombreuse et active population qui remplit les ateliers, sont nettement déterminées; que des lois et des institutions sérieusement étudiées, patiemment élaborées, doivent faire régner la paix et la justice dans ce grand organisme.

Si l'on cherche, pour répondre à cette question, que trouve-t-on? *rien, rien, absolument rien.*

Sous l'ancienne monarchie existaient depuis les règlements d'Étienne Boileau, promulgués sous le règne de saint Louis, des communautés d'arts et métiers, des corps de marchands appliquant de nombreux règlements qui formaient la loi de l'industrie. Toute cette organisation a été balayée par Turgot et la Révolution.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

L'empereur Napoléon, habitué à marcher droit sur ce qui lui paraissait abusif ou dangereux, avait fait des lois sur les livrets d'ouvriers et pour la répression des coalitions. Elles ont été supprimées par son neveu en 1864.

Je ne juge pas ici ces réformes; mais ce qui est incontestable, c'est qu'on a fait table rase, que les mœurs et les coutumes ne sont soutenues par aucune prescription légale, que l'on a détruit les faibles digues qui protégeaient le droit contre les envahissements de la force.

Depuis lors nous avons assisté aux débordements les plus insensés; les débats relatifs aux salaires, qui exigent au plus haut degré, pour éviter l'écueil des utopies folles, l'action énergique des bonnes influences, n'ont plus été que des luttes passionnées. Il est grand temps d'aviser aux moyens propres à assurer un ordre durable, tant pour la prospérité de l'industrie que pour le salut même de la nation.

Fixation des salaires. — Des grèves et coalitions. — Toute l'économie de la production repose sur ce sous-entendu que l'ouvrier y travaille en échange de la rémunération de salaire que lui paye le fabricant. Parties essentielles de l'organisme producteur, leur accord est de toute nécessité, et on ne saurait dans aucun cas mieux appliquer l'apologue des membres et de l'estomac. Soumis aux lois de l'offre et de la demande, le salaire doit s'élever avec l'accroissement rapide de l'industrie, devançant celui de la population; avec les progrès de la moralité et de l'intelligence de l'ouvrier, rendant son travail meilleur et plus considérable; avec la multiplication des machines et outils, qui font qu'il produit une quantité sans cesse croissante d'utilités pour une même somme d'efforts.

Malgré ces conditions d'accroissement continu de salaires dans une société livrée au travail producteur, nos sociétés sont sans cesse troublées par des coalitions, des grèves, qui sont de véritables insurrections industrielles, ayant en France des relations intimes avec nos révolutions, y puisant une force redoutable et tendant à la désorganisation de l'industrie et de la société même, par l'animosité, les passions de nivellement, de destruction, que manifeste leur explosion.

Bastiat a montré que les intérêts se tiennent; il a dit avec raison que la loi du monde c'est l'harmonie. Une nouvelle école nous dit que c'est la guerre; c'est là une erreur fatale. La guerre entre patron et ouvrier, aussi bien que la guerre entre deux peuples, est toujours désastreuse, même pour le vainqueur. La bonne entente, l'harmonie, assurent le bien-être de l'ouvrier comme du patron. Voilà ce qu'on ne saurait trop répéter.

Nous devons donc traiter ici de cette question, sans rester comme trop d'écrivains sur le terrain vague des soi-disant principes, qui ne sont trop souvent que l'expression des passions des partis, et ne peuvent les conduire qu'à s'injurier mutuellement, pour nous occuper des faits particuliers à notre pays, des coutumes, des traditions, des restes de hiérarchie morale bien plus que légale, qui sont les bases les plus solides du bon accord qui doit persister malgré des discussions entre collaborateurs dont l'intérêt, au fond, est le même.

En France, pour la plus grande partie de la population, pour la classe agricole, la question des grèves n'a pas lieu d'être posée; la division de la propriété agricole faisant que la majeure partie des champs sont cultivés par leurs propriétaires. La main-d'œuvre agricole manque en général, au grand chagrin des cultivateurs entrepreneurs de grandes exploitations, qui ont grand soin de s'attacher par une rémunération convenable les bons ouvriers qu'ils rencontrent trop rarement. Nous n'avons donc rien à dire de l'industrie agricole, la division de la propriété a supprimé la question de la coalition et des grèves.

Il en est de même, à peu près, pour les artisans que nous voyons exercer leur industrie dans de nombreuses boutiques de nos villes, des menuisiers, serruriers, etc. Le patron, ancien ouvrier lui-même, travaillant avec un ou deux ouvriers, souvent ses anciens camarades ayant moins d'énergie et d'ardeur que lui, a toujours l'énergie suffisante pour les bien commander, et le jour d'une grève, souffrant dans ses intérêts, mais non entièrement paralysé, il se remet vigoureusement à l'ouvrage, aidé de ses apprentis, exécute les commandes urgentes et attend tranquillement que ses ouvriers viennent lui redemander de l'ouvrage. Le salaire se fixe par suite pacifiquement entre gens vivant en bonnes relations, sans qu'aucune des parties soit écrasée par la violence et l'injustice.

Nous en arrivons aux ouvriers des ateliers plus nombreux des grandes villes industrielles dont les coalitions et les grèves ont eu tant de retentissement, qu'on a confondu leurs intérêts avec ceux de l'industrie tout entière, que leur exemple a entraîné bien des ouvriers dans tout le pays, d'autant plus que les théoriciens et surtout les partis politiques, voulant s'assurer leur concours, ont fait, des questions ouvrières, des questions politiques, sociales; c'est ainsi qu'on a vu l'*Internationale*, fondée pour soutenir les grèves dans tous les pays, devenir un instrument de révolution universelle.

Dans la pratique, l'accroissement des salaires se produit surtout lors des réclamations des ouvriers qui demandent une augmentation. Chaque patron sait bien satisfaire les ouvriers hors ligne, chargés de travaux difficiles, en les payant plus que les ouvriers ordinaires; mais il ne peut guère qu'aux rares époques d'une très-grande prospérité de son industrie, augmenter les jour-

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

nées de tous : d'autant plus que celles-ci, fixées pour le corps d'état tout entier, déterminent le prix de revient des produits qui est le point de départ de la concurrence que lui font ses confrères. Il faudrait que les patrons fussent réunis, discutassent ces questions entre eux, pour qu'ils pussent, d'un commun accord, aller au-devant des réclamations fondées des ouvriers. Nous dirons plus loin comment il pourrait en être ainsi, par le développement d'institutions qui ne font que naître actuellement; c'est en général par une grève, une cessation de travaux, une déclaration de guerre, en cas de refus des patrons, que les ouvriers imposent leur volonté.

De semblables événements étaient autrefois bien rares et on se les rappelait longtemps; il s'agissait d'une mesure désespérée, rompant si violemment les bonnes relations presque familiales existant entre les patrons et les ouvriers, imposant de si grands sacrifices aux deux parties liées indissolublement l'une à l'autre, forcées de vivre ensemble, que la grève se réduisait presque toujours à une menace, n'aboutissait pas. Ou les motifs qui pourraient la provoquer n'étaient pas sérieux, et alors par l'influence des patrons sur leurs vieux ouvriers, par quelques explications données aux plus intelligents sur la position de leur industrie, le mouvement s'arrêtait, et les fauteurs de la révolte, les mauvais ouvriers ne se sentant pas soutenus, renonçaient à leurs desseins; ou les patrons trouvaient chez leurs bons ouvriers une détermination ferme de tout souffrir plutôt que de continuer à travailler dans des conditions qui leur paraissaient insupportables, et comme cela ne pouvait être qu'autant qu'il y avait quelque chose de bien fondé que les maîtres ne pouvaient méconnaître, ils faisaient des concessions raisonnables qui rétablissaient l'harmonie dans les ateliers.

Aujourd'hui, partout où existent des associations permanentes, où se sont introduites les habitudes de désordre à la suite des révolutions, à Paris notamment, les bons ouvriers n'essayent plus même de faire d'observations, quand ils voient élever par les meneurs les prétentions les plus injustes, les plus déraisonnables; ceux-ci sont incontestablement les plus forts. Aussi, dans les mœurs industrielles actuelles, les patrons n'essayent plus même de résister; ils cèdent sans combattre toutes les fois que le travail ne leur paraît pas devenir immédiatement et absolument impossible, par suite des concessions qui leur sont imposées.

Un état semblable est évidemment anomal, et pour prouver qu'il est inadmissible, il suffit de dire qu'il est le fruit d'une organisation de la guerre, de l'*ultima ratio*, d'une conspiration permanente. Que, dans certains cas désespérés, la lutte ne puisse être évitée, c'est un malheur qu'il faut chercher à rendre le plus rare possible par l'amélioration des institutions et des mœars, mais qui n'entraîne nullement, comme conséquence, qu'une des parties ait le droit, dans une société civilisée, d'accumuler des moyens de guerre, assurant l'écrasement de son adversaire toutes les fois qu'elle le jugera bon.

La vérité apparaîtra clairement en poursuivant cette étude; mais auparavant nous ferons remarquer que l'on doit distinguer le droit d'association, exercé pour atteindre tout but licite, du droit de coalition en vue de dominer les chefs d'industrie. Les ouvriers ont incontestablement le droit de se réunir pour fonder toutes les entreprises qui peuvent leur être utiles, *sans nuire à autrui*, condition que la mission stricte du pouvoir social est de faire partout respecter.

Une commission de l'Assemblée nationale, dans un rapport qui, croyons-nous, est resté lettre morte, avait parfaitement posé la question. Elle proposait de déclarer illicite toute association ayant pour but de provoquer, organiser ou subventionner des grèves.

Ce que nous prohibons, lit-on dans ce rapport, ce sont des associations qui font le métier d'exciter les classes ouvrières aux grèves, et qui leur fournissent des moyens pécuniaires ou autres de les prolonger. De pareilles associations sont des *entreprises de guerre civile*.

Voilà la vérité vraie comprise par des hommes politiques.

Autant il doit être permis de s'associer pour entreprendre tout ce qui est de droit commun, autant il doit être sévèrement interdit d'organiser des machines de guerre propres à écraser des adversaires, qui sont aussi des citoyens.

On ne saurait admettre, dans une société régulière, une organisation offensive permettant à l'un des contractants du marché du travail de toujours écraser l'autre. Ce ne sont pas là les relations qui doivent exister entre le chef et les ouvriers d'un atelier.

J'emprunterai sur cette question quelques lignes à l'avis de la Chambre de Commerce de Paris (M. E. Baillière, rapporteur), demandant l'abrogation de la loi du 24 mai 1864 sur les coalitions. Elles sont curieuses comme renseignement historique, surtout pour fournir l'indication des aspirations des ouvriers, de leurs conceptions relativement à l'organisation des ateliers.

Dans l'énumération des grèves principales nous trouvons celle des fondeurs en fer (1870), formulant entre autres prétentions les suivantes: « Suppression complète du travail aux pièces et « du marchandage; abolition des heures supplé- « mentaires, ou consentement à ce que ces heu- « res soient payées double; nomination des chefs « présentée par les patrons, discutée et votée par « les ouvriers. » Le travail fut arrêté pendant trois mois.

La coalition des ouvriers en bronze, en 1867, était soutenue par une association occulte qui se

donnait le nom de Société de crédit mutuel et de solidarité des ouvriers du bronze, possédant une caisse de résistance à laquelle tous les ouvriers étaient obligés de contribuer, sous peine d'être conspués et chassés des ateliers. La prétention des ouvriers se manifesta sous la forme ci-après : « 1° le droit de choisir le contre-maître « en dehors du patron ; 2° le droit exclusif pour les « ouvriers de reviser les anciens tarifs de main-« d'œuvre et d'établir le prix des nouveaux mo-« dèles, toujours en dehors du concours du pa-« tron ; 3° le droit d'expulser de l'atelier tout « ouvrier qui aurait travaillé pendant la grève ; « 4° le droit d'interdire aux patrons la faculté de « diminuer la journée d'un ouvrier.

« La *Société typographique*, qui fonctionne de-« puis 1865, sous prétexte de secours mutuels, « impose, en 1868, un nouveau tarif de compo-« sition typographique que les patrons sont « contraints d'accepter après avoir essayé de « résister. En 1870, la Chambre syndicale des « compositeurs-typographes décide qu'elle visi-« tera l'atelier d'apprentis formé par un maître « imprimeur, afin d'en limiter le nombre. Le « patron dut subir les exigences du comité, et « l'influence, comme les prétentions du comité, « ont été croissantes. »

Nous terminerons cette curieuse citation par l'exposé des conséquences au point de vue industriel, que constate la Chambre de Commerce de Paris, de la loi du 24 mai 1864 sur les coalitions; elle fera connaître l'opinion raisonnée du commerce de Paris sur l'état actuel des ateliers parisiens.

« Les coalitions ont eu pour conséquence une grande hostilité entre patrons et ouvriers, une production moindre. L'ouvrier gagnant davantage a pris l'habitude de travailler moins, de sorte que sa qualité industrielle a été amoindrie comme production, sans que son aisance ait sensiblement augmenté.

« Depuis que l'ouvrier a senti la force dont il pourrait faire usage à l'aide de la coalition soutenue par la solidarité d'un grand nombre d'industries, dont les ramifications aboutissent à un centre qui échappe à toute responsabilité, il ne songe guère à améliorer son sort en augmentant ou en perfectionnant ses qualités professionnelles.

« Les jeunes gens qu'emploient les marchandeurs menuisiers gagnent maintenant en moyenne 5 francs par jour au lieu de 2 francs à 2 fr. 50 c. qu'ils gagnaient en 1848; ils travaillent beaucoup moins, ne veulent plus s'instruire, même pour leur travail, prétendent que c'est inutile, puisque, s'ils travaillaient mieux, ils ne seraient pas payés plus cher. Ils passent au café le temps qu'ils employaient avant à s'instruire ou à dessiner. Il devient difficile d'obtenir de la part des ouvriers les veillées ou heures supplémentaires. On aime mieux faire une dépense en parties de plaisir que recevoir un supplément de salaire pour la veillée. Les bons ouvriers deviennent de plus en plus rares.

« Les ouvriers de Paris attendent tout de l'association; ils rêvent moins de travail et une rétribution plus élevée; ils regardent le patron comme l'adversaire naturel de l'ouvrier. Le contre-maître leur est suspect; les ouvriers font la police dans l'atelier; si l'un d'eux se fait remarquer par une habileté ou une activité trop grande à leurs yeux, il est signalé au comité comme gâte-métier, et une pression occulte s'exerce autour de lui, jusqu'à ce qu'il sorte ou se soumette aux règles qui lui sont imposées. Les ouvriers prétendent régner dans l'atelier, faire la loi au patron; en un mot le sens moral des ouvriers a été troublé par une fausse interprétation de la loi sur les coalitions, qui a servi de base aux agissements de la Société internationale des travailleurs. Les perturbations dont s'est ressentie l'industrie à la suite des grèves ont décidé beaucoup des meilleurs ouvriers et contre-maîtres mécaniciens, chaudronniers, fondeurs, tapissiers, chapeliers, ébenistes, typographes, à accepter les offres de l'étranger, à quitter Paris et la France et à aller alimenter la concurrence de l'étranger contre nos industries. »

Les passages rapportés plus haut, empruntés à des documents positifs, indiquent clairement quelles sont les mauvaises tendances des novateurs à Paris, dans la capitale de la démagogie. Il s'agit pour eux non seulement d'augmentations de salaires, justifiables avec l'accroissement général des prix des denrées, dans les limites où l'ouvrier continue à travailler autant qu'avant ces augmentations, et auxquelles les chefs plus capables ne sont nullement hostiles quand l'habileté et l'activité du travailleur croissent en même temps, mais encore et surtout d'annuler de plus en plus le patron, de *républicaniser* l'atelier, d'enlever à l'entrepreneur la direction du travail. Inutile de dire combien il est fâcheux de voir des hommes intelligents entrer dans une voie aussi fausse, réclamer comme un droit la faculté de ruiner à volonté le chef de la maison qui les a choisis pour collaborateurs !

C'est principalement sur les efforts faits pour conquérir l'égalité des salaires que nous attirerons l'attention. Non seulement ils prouvent que les demandes absurdes, rendant la conciliation impossible malgré toutes les concessions des patrons, partent des mauvais ouvriers, excellents comparses pour les révolutions, comme tous les cerveaux incomplets; mais ils montrent encore que c'est chez les bons ouvriers, attaqués dans leur amour-propre et dans leurs intérêts, que se trouve manifestement la vraie force capable de rétablir l'ordre moral dans les ateliers.

Cela est si vrai que c'est presque toujours par l'intervention des premiers ouvriers, malgré leur

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

répugnance à se séparer de la masse de leurs camarades, que se terminent par une défaite, les batailles mal engagées. C'est ainsi que les typographes ont échoué pour avoir voulu la *commandite obligatoire*, c'est-à-dire faire rentrer dans le rang les sous-officiers, les metteurs en pages dont le concours intelligent est si nécessaire pour administrer les imprimeries.

Chambres syndicales ouvrières. — Les ouvriers prenant le nom adopté par les patrons, dont les chambres syndicales doivent, suivant nous, puissamment contribuer à réorganiser la famille industrielle, ainsi que nous le dirons plus loin, se sont, à Paris et à Lyon surtout, organisés à l'instar des Trade-Unions anglaises. La liberté d'association est un droit appartenant à trop juste titre à tout citoyen, pour qu'on doive s'en étonner, et ces associations peuvent être utiles, à condition que leurs membres suivent leurs inspirations propres, ne se laissent pas enrégimenter passivement par des meneurs voulant réorganiser, à leur profit, les bataillons de l'internationale. L'association des ouvriers entre eux est principalement bonne pour bien organiser des caisses de secours et de retraites, fonder des Mechanics-Institut, des cours pratiques, etc., et surtout pour affirmer, malgré les utopistes et les ambitieux, les vrais principes. Déjà plusieurs chambres syndicales ont proclamé que les grèves étaient la plupart du temps funestes aux ouvriers comme aux patrons et qu'il fallait chercher d'autres solutions. Mais il n'y en a pas d'autre que celle du succès individuel et la coopération indiquée par quelques-uns est reconnue généralement comme sans valeur. Nous ne parlerons pas de l'appropriation de la terre, de la mine au mineur, de la fabrique à l'ouvrier, ce sont là des formules de congrès socialistes et non d'associations d'ouvriers laborieux, ce sont des formules de communisme, de pillage continu, contre lesquelles la société ne peut que se défendre comme contre le vol ; il n'y a plus là matière à discussion. Bien des réunions, celle des ouvriers bronziers de Paris, par exemple, ont répudié publiquement les folies du collectivisme, que les congrès ouvriers ont démontré.

Livrés à leurs propres pensées, les ouvriers sentent le besoin de grandir leur capacité, et c'est en ayant une juste idée de leur valeur qu'ils désirent voir augmenter leurs salaires, dans les limites où cela est possible, chacun d'eux s'efforçant d'ailleurs de trouver la voie qui peut le mener au succès. Ils ne croient plus au bonheur universel par l'écrasement du patron, par l'ébranlement de la société où ils espèrent bien occuper une place de jour en jour meilleure et le désir d'assurer le bien-être de leur famille, l'idée mère du dévouement et de la sagesse, leur importe bien plus que celui du succès de la société coopérative ouvrière, avec les dissensions perpétuelles des frères et amis. Les forts salaires sont très désirables, mais c'est surtout en s'élevant au-dessus des autres, par plus d'habileté, de capacité qu'on doit y arriver ; étant bien entendu que les moins capables sont aussi bien payés que possible, ce que tout le monde doit désirer et désire en effet.

Sous l'empire de ces idées, la grève redeviendrait ce qu'elle doit être, une mesure désespérée que chacun doit redouter, et qui, par suite, est presque toujours évitée par des mesures de conciliation, au grand avantage des ouvriers comme des patrons. Le président du groupe corporatif, de la chambre syndicale ouvrière, etc., n'étant plus payé pour s'occuper exclusivement de préparatifs d'attaque, n'ayant plus le loisir de réunir tous les éléments de désordre, n'étant plus l'arbitre du salaire, sera bientôt abandonné et n'aura plus personne à présider.

Prévenir les coalitions, limiter leurs effets funestes, faire régner la justice dans l'industrie, n'est pas affaire de mécanisme, mais de raison. C'est pour cela que nous ne nous arrêtons ni sur le système d'arbitrage qui paraît avoir réussi plusieurs fois en Angleterre, ni sur l'obligation de prévenir huit, quinze jours à l'avance avant de cesser les travaux, ce qui a été proposé pour donner le temps aux esprits de se calmer et aux idées de conciliation de se faire jour. Ces moyens sont excellents s'ils entrent dans les coutumes, si les contrats sont respectés en vertu des mœurs, mais ne sauraient être imposés par la loi. Si les nombreux ouvriers d'une profession viennent à s'y soustraire, comment les y contraindre ?

L'ordre vrai ne peut résulter que du bon sens et de l'intelligence de ceux qui doivent l'observer : tout ce que peut faire la loi, c'est de réprimer les empiétements sur le terrain d'autrui, c'est de favoriser l'action des bonnes influences qui peuvent ramener à la vérité ceux qui ont de la peine à la voir clairement.

2. — DES GRANDES MANUFACTURES

Il n'a été rien fondé d'utile par la réunion, l'association des ouvriers les plus intelligents et les plus remuants de notre pays, pas une idée juste et vraie n'était sortie de l'agitation démocratique, quand la démagogie était maîtresse de Paris ; voyons ce qu'ont fait les aristocrates de l'industrie, les chefs des grandes manufactures, cette création merveilleuse du dix-neuvième siècle.

Nous dirons un mot de ces grands organismes pour faire comprendre que les grandes manufactures ne sont pas des accidents, que leur rôle va grandissant avec les inventions et les découvertes qui s'accumulent chaque jour.

Lorsque par l'invention d'une machine nouvelle, d'un appareil convenable, un produit créé jusqu'alors par une industrie toute primitive, à l'aide d'outils simples, peut être obtenu avec un travail humain bien moindre, la fabrication plus

facile et plus rapide, exigeant bien moins d'habileté professionnelle, vient s'en concentrer naturellement dans une manufacture plus considérable que les anciens ateliers et qui augmente d'autant plus que bientôt par la division du travail, la multiplication des machines, l'économie procurée par de puissants moteurs, la diminution des frais généraux, etc., le prix de l'objet manufacturé diminue de telle sorte que la production domestique devient impossible. Il nous suffira de citer les filatures pour faire comprendre le genre de phénomènes dont nous parlons.

La puissance croissante des manufactures, qui à leur dernier degré de perfection produisent en quantités immenses des objets fabriqués en quelque sorte par le seul jeu des forces naturelles, est un des plus grands faits de la civilisation moderne.

Ayant une valeur qui se compte souvent par millions, occupant de nombreux ouvriers, les grandes manufactures, que nous avons surtout en vue ici, sont intéressantes à étudier au point de vue des relations du patron et des ouvriers; les conditions du travail exigeant évidemment une direction ferme, faisant régner un ordre parfait.

Les résultats d'un pouvoir plus grand chez les chefs des grandes usines entraînent une plus grande responsabilité; on sait que celle-ci a été, en général, pleinement justifiée. On a mis avec raison en lumière, à l'exposition de 1867, les créations de beaucoup de chefs de la grande industrie pour aider les ouvriers dans les circonstances difficiles, pour remédier à l'isolement, alors si pénible, pour les encourager à l'ordre et à l'économie, pour augmenter leur bien-être. Passons en revue ces diverses fondations pour montrer la voie du bon accord, entre patrons et ouvriers, aussi profitable aux uns qu'aux autres. Qu'on ne s'y trompe pas, il ne s'agit pas ici principalement de bienfaisance, mais d'influence, de pression intelligente, pour les inciter à l'ordre et à l'économie, pour les rendre plus habiles et plus laborieux dans l'intérêt de l'usine comme dans celui du travailleur, enfin, utiliser leur agglomération pour leur faciliter l'accomplissement de leurs devoirs de chefs de famille.

Éducation des enfants et apprentissage. — La plupart des grandes manufactures ont organisé des salles d'asile et des écoles. Nous placerons au premier rang les écoles du Creuzot. La direction de cette belle usine, une des gloires de notre industrie, avait exposé, en 1867, à côté de gigantesques constructions mécaniques, les devoirs des élèves de l'école primaire, les dessins de géométrie et de machines des jeunes gens de l'école d'apprentissage. Ils faisaient bien comprendre comment on formait une population d'habiles ajusteurs, de bons mécaniciens, dans cette usine modèle, au profit commun des ouvriers et de l'établissement.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

Il en est de même dans d'autres ateliers de construction. Nous lisons dans le rapport, au sujet de l'usine de Graffenstaden : « La plupart des ouvriers de l'usine lui sont fournis par les localités agricoles qui l'entourent. Pour y trouver les éléments d'un personnel capable, une école professionnelle fut fondée; habilement organisée et dirigée, cette école rendit les plus grands services. »

A la grande cristallerie de Baccarat, les apprentis fort nombreux, qui aident les verriers dans leur travail, doivent suivre des classes du soir aussi longtemps qu'ils n'ont pas été reconnus, dans un examen régulier, suffisamment pourvus des connaissances élémentaires. Des cours de dessin et un ouvroir sont annexés à ces classes. Ce sont là quelques-unes des formes sous lesquelles le regretté M. Godard-Desmarest contribuait puissamment au bonheur et à la moralité d'une excellente population ouvrière, qui le payait en respect et en affection.

Caisses de secours, caisses de retraites. — Des institutions de cette nature se rencontrent dans la plupart des grands établissements et, grâce au concours bienveillant et intelligent de la direction, ont reçu d'admirables développements. Prenons pour exemple les usines de zinc de la Vieille-Montagne.

« Les ouvriers, représentés par des délégués élus tous les ans dans chaque atelier, se sont successivement imposé une retenue de 1, puis de 2, puis de 3 pour 100 sur le montant de leurs salaires. La compagnie stimule ces efforts en apportant à la caisse un contingent égal à la moitié du chiffre des cotisations et s'associe à l'administration en y réservant une place à ses chefs d'ateliers. Dans chaque commission, c'est au directeur de l'établissement que revient la présidence... La caisse, grâce à ce concours de ressources, a pu, depuis vingt ans, étendre graduellement ses opérations, donner gratuitement les soins médicaux et pharmaceutiques aux ouvriers, allouer des indemnités aux malades, des pensions viagères aux ouvriers infirmes, accorder des secours plus ou moins prolongés aux veuves, aux enfants, aux parents des ouvriers décédés au service de la société, enfin attribuer des subventions temporaires aux familles sur lesquelles pèsent des charges exceptionnelles.

« Ces allocations diverses sont appuyées sur un fonds de réserve qui s'accroît dans une progression rapide et a déjà atteint la somme de 600,000 francs. »

Nous retrouverions de semblables institutions et de semblables résultats dans toutes nos grandes usines, Saint-Gobain, Baccarat, Le Creuzot, etc. Cela est bien connu et nous n'avons pas à insister.

Magasins à prix réduit. — L'agglomération de nombreux ouvriers sur un même point, peut permettre de les faire jouir de réductions impor-

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

tantes sur le prix des objets de consommation journalière, que le commerce de détail fait souvent payer 25 ou 30 pour 100 plus cher que le commerce en gros. Nous prendrons pour exemple ce qui a été réalisé par MM. Japy, les grands fabricants d'horlogerie et de quincaillerie de Beaucourt, dont les admirables établissements comptent 5,500 ouvriers.

Nous lisons dans le rapport du jury :

« La réduction pour l'ouvrier du prix des objets de consommation a été une préoccupation ancienne de MM. Japy. Ils l'ont résolu avec un remarquable succès.

« Dès l'année 1845, une boulangerie et une meunerie économique étaient organisées, et fournissaient du pain avec une réduction de prix importante. En 1854, on y annexa un vaste magasin d'épiceries et de comestibles, qui fournit, avec une économie de 35 à 50 pour 100, l'épicerie, les denrées de toute sorte, et même les vêtements, la houille et le bois de chauffage.

« Les ventes se font à crédit sur le carnet de l'ouvrier, et le payement s'effectue par voie de retenue sur son salaire, à la fin de chaque mois. »

Le chemin de fer d'Orléans, et bien d'autres entreprises qui emploient sur un même point un nombreux personnel, lui ont procuré ainsi des économies importantes. Aux forges de Commentry, une Société anonyme, à petites actions, a réalisé un capital de 60,000 francs, et procure des avantages positifs aux nombreux ouvriers de cette usine. On doit applaudir, dans de semblables circonstances, à un genre d'association qui n'a qu'un mot commun avec les sociétés coopératives de production dont il a été parlé ci-dessus.

Maisons ouvrières. — L'incitation la plus puissante à l'économie a été, sans contredit, l'aide prêtée à l'ouvrier qui a toujours un loyer à payer, pour acquérir, au moyen d'une augmentation modérée de celui-ci, une maison où la ménagère peut faire régner l'ordre et la propreté, un petit jardin où l'ouvrier peut cultiver quelques fleurs, quelques légumes pendant ses loisirs, et où s'ébattent les enfants. Le cabaret perd ce que gagne la famille, la santé et la moralité grandissent d'autant.

La ville si industrieuse de Mulhouse a donné l'exemple de cet important progrès, et ses nombreuses constructions ont servi de modèle. Dans le grand nombre de centres industriels ou l'on a construit des maisons ouvrières, on a varié, avec les circonstances et les matériaux du pays, le mode de construction à bon marché, et aussi le mode d'amortissement offert aux acquéreurs.

C'est le plus souvent par un loyer mensuel, à chaque paye, qu'ils s'acquittent du prix d'achat qui est toujours voisin de 2,000 francs. Quelquefois on demande une partie du prix à l'origine, ce qui diminue beaucoup les annuités. Ainsi, à Beaucourt, une maison coûtant 2,000 francs devient la propriété de l'ouvrier, qui donnant en entrant 500 francs, paye pendant onze ans une somme de 16 fr. 55 par mois. Sans versement au début, le payement mensuel doit être de 21 fr. 55.

Nous n'avons dit que quelques mots des diverses formes qui ont été adoptées par les chefs de la grande industrie pour contribuer au bien-être de leurs collaborateurs. Nous aurions pu multiplier à l'infini les citations ; mais cela est inutile pour prouver ce qui est incontestable et trop facile à vérifier par toutes les personnes dont la conviction ne serait pas entière, pour qu'il soit oiseux d'insister, à savoir : que la grande industrie a bien rempli son devoir, en créant des institutions propres à aider l'ouvrier à accroître sa valeur morale et intellectuelle, à adoucir les souffrances causées par la maladie et la vieillesse, par l'infirmité de la nature humaine.

Nous le répétons, car cette observation nous paraît d'une importance capitale, pendant que les chefs de la grande industrie remplissaient ainsi leur devoir, les ouvriers des villes, toujours en agitation, ne créaient rien d'utile, et beaucoup d'entre eux se démoralisaient sous la double action d'une vie irrégulière et des excitations politiques.

Malgré le développement et l'importance croissante de l'industrie manufacturière, la partie de l'industrie interdite par sa nature aux machines, celle pour laquelle l'intervention de l'habilité personnelle, du goût, est nécessaire, qui ne saurait, par suite, être concentrée dans de grands établissements, sera toujours la plus considérable et occupera le plus grand nombre d'ouvriers et de patrons. Si l'on ajoute à cela que beaucoup de manufactures restent de proportions modestes, on en conclura forcément que ce que nous venons de dire sur ce qu'ont fait beaucoup de chefs des établissements hors ligne de la très-grande industrie n'est qu'un élément important de la solution du problème de l'établissement d'institutions propres à faire régner l'accord dans le plus grand nombre des ateliers.

Revenons donc aux institutions applicables à l'industrie dans le cas le plus général; elles nous conduiront à la solution du problème d'améliorer le sort des ouvriers, en reconnaissant tous leurs droits, en faisant rentrer les populations industrielles dans les cadres, hiérarchiquement ordonnés, d'une société bien organisée.

3. — DES ANCIENNES CORPORATIONS.

Nous commençons à comprendre qu'on ne crée pas à volonté une société, que celle-ci a ses conditions d'existence dont on peut s'écarter. Aussi nous nous reportons volontiers aujourd'hui

à notre ancienne société, exempte des dissensions intestines si fréquentes à notre époque, pour y trouver les institutions qui assuraient la paix publique. Pour ce qui est de l'organisation industrielle, la législation avait surtout en vue la réglementation des jurandes et maîtrises, et il ne semble pas que les difficultés entre patrons et ouvriers aient préoccupé le législateur, les chefs des corporations reconnues par la loi, appuyés sur les mœurs et les coutumes, étant habituellement assez forts pour les dominer.

On sait que c'est vers 1260 que parut le LIVRE DES MÉTIERS d'Étienne Boileau, prévôt de Paris, renfermant les statuts de cent métiers différents, régularisant un groupement né avec les communes et vers la fin du servage. Cette réglementation fut considérée comme une des grandes œuvres du règne de saint Louis. Ces statuts furent successivement modifiés dans leurs détails : ainsi l'ordonnance de Blois, rendue vers le milieu du XVI^e^ siècle, prescrivit la nomination des maîtres jurés par l'élection. Colbert refondit tous les règlements relatifs aux fabrications, et ne put empêcher que la vente de charges lucratives créées aux dépens des corps d'arts et métiers ne prît un développement abusif.

En 1776, il n'y a pas encore un siècle, et après cinq siècles de durée des anciennes coutumes, Turgot fit rendre un édit qui supprimait toute organisation. Nous donnerons ici la majeure du préambule de cet édit, exalté comme un chef-d'œuvre; on y reconnaîtra le langage du philosophe du XVIII^e^ siècle réclamant les droits de la liberté individuelle, plus que celui de l'administrateur et du politique. Il détruisait tout ce qui existait, sans rien mettre à la place, ne trouvant absolument rien à conserver dans ce qui avait constitué la loi industrielle de nos pères.

« LOUIS, par la grâce de Dieu, etc. Nous devons à tous nos sujets de leur assurer la jouissance pleine et entière de leurs droits; nous devons surtout cette protection à cette classe d'hommes qui, n'ayant de propriété que leur travail et leur industrie, ont d'autant plus le besoin et le droit d'employer dans toute leur étendue les seules ressources qu'ils aient pour subsister.

« Nous avons vu avec quelle peine les atteintes multipliées qu'ont données à ce droit naturel et commun des institutions, anciennes à la vérité, mais, que ni le temps, ni l'opinion, ni les actes mêmes émanés de l'autorité qui semble les avoir consacrées, n'ont pu légitimer.

« Dans presque toutes les villes de notre royaume, l'exercice de différents arts et métiers est concentré dans les mains d'un petit nombre de maîtres, réunis en communauté, qui peuvent seuls, à l'exclusion de tous les autres citoyens, fabriquer ou vendre les objets de commerce particulier dont ils ont le privilége exclusif; en sorte que ceux de nos sujets qui, par goût ou par nécessité, se destinent à l'exercice des arts et métiers, ne peuvent y parvenir qu'en acquérant la maîtrise, à laquelle ils ne sont reçus qu'après les épreuves aussi longues et aussi nuisibles que superflues, et après avoir satisfait à des droits ou à des exactions multipliées, par lesquels une partie des fonds dont ils auraient eu besoin pour monter leur commerce ou leur atelier, ou même pour subsister, se trouve consommée en pure perte.

« Ceux dont la fortune ne peut suffire à ces pertes sont réduits à n'avoir qu'une subsistance précaire sous l'empire des maîtres, à languir dans l'indigence, ou à porter hors de leur patrie une industrie qu'ils auraient pu rendre utile à l'État.

« Toutes les classes de citoyens sont privées du droit de choisir les ouvriers qu'ils voudraient employer, et des avantages que leur donnerait la concurrence par le bas prix et la perfection du travail. On ne peut souvent exécuter l'ouvrage le plus simple, sans recourir à plusieurs ouvriers de communautés différentes, sans essuyer les lenteurs, les infidélités, les exactions que nécessitent ou favorisent les prétentions de ces différentes communautés, et les caprices de leur régime arbitraire et intéressé.

« Ainsi les effets de ces établissements sont, à l'égard de l'État, une diminution inappréciable de commerce et de travaux industrieux; à l'égard d'une nombreuse partie de nos sujets, une perte de salaires et de moyens de subsistance; à l'égard des habitants des villes en général, l'asservissement à des priviléges exclusifs, dont l'effet est absolument analogue à celui d'un monopole effectif : monopole dont ceux qui l'exercent contre le public, en travaillant et en vendant, sont eux-mêmes les victimes dans tous les moments où ils ont, à leur tour, besoin de marchandises, ou du travail d'une autre communauté.

« Ces abus se sont introduits par degrés; ils sont originairement l'ouvrage de l'intérêt des particuliers qui les ont établis contre le public; c'est après un long intervalle de temps que l'autorité, tantôt surprise, tantôt séduite par une apparence d'utilité, leur a donné une sorte de sanction.

« La source du mal est dans la faculté même accordée aux artisans d'un même métier, de s'assembler et de se réunir en un corps.

« Il paraît que, lorsque les villes commencèrent à s'affranchir de la servitude féodale et à se former en communes, la facilité de classer les citoyens par le moyen de leur profession introduisit cet usage inconnu jusqu'alors. Les différentes professions devinrent ainsi comme autant de communautés particulières, dont la communauté générale était composée. Les confréries religieuses, en resserrant encore les liens qui unissaient entre elles les personnes d'une même

ECONOMIE INDUSTRIELLE.

profession, leur donnèrent des occasions plus fréquentes de s'assembler et de s'occuper dans ces assemblées de l'intérêt commun des membres de la société particulière, qu'elles poursuivirent avec une activité continue, au préjudice des intérêts de la société générale.

« Les communautés, une fois formées, rédigèrent des statuts, et, sous différents prétextes de bien public, les firent autoriser par la police. La base de ces statuts est d'abord d'exclure du droit d'exercer le métier quiconque n'est pas membre de la communauté; leur esprit général est de restreindre, le plus qu'il est possible, le nombre des maîtres, de rendre l'acquisition de la maîtrise d'une difficulté presque insurmontable pour tout autre que pour les enfants des maîtres actuels. C'est à ce but que sont dirigés la multiplicité des frais et des formalités de réception, les difficultés du chef-d'œuvre toujours jugé arbitrairement, surtout la cherté et la longueur inutile des apprentissages, et la servitude prolongée du compagnonnage; institutions qui ont encore l'objet de faire jouir les maîtres gratuitement, pendant plusieurs années, du travail des aspirants.

. . . . . .

« Henri III donna, par son édit de décembre 1581, à cette institution, l'étendue et la forme d'une loi générale. Il établit les arts et métiers en corps et communautés dans toutes les villes et lieux du royaume.

« L'édit d'avril 1597 en aggrava encore les dispositions, en assujettissant tous les marchands à la même loi que les artisans. L'édit de mars 1673, purement bursal, en ordonnant l'exécution des deux précédents, a ajouté au nombre des communautés déjà existantes d'autres communautés jusqu'alors inconnues.

La finance a cherché de plus en plus à étendre les ressources qu'elle trouvait dans l'existence de ces corps. Indépendamment des taxes des établissements des communautés et des maîtrises nouvelles, on a créé dans les communautés des offices sous différentes dénominations; et on les a obligées de racheter ces offices au moyen d'emprunts qu'elles ont été autorisées à contracter, et dont elles ont payé les intérêts avec le produit des gages ou des droits qui leur ont été aliénés.

« C'est sans doute l'appât de ces moyens de finance qui a prolongé l'illusion sur le préjudice immense que l'existence des communautés cause à l'industrie, et sur l'atteinte qu'elle porte au droit naturel. Cette illusion a été portée chez quelques personnes jusqu'au point d'avancer que le *droit de travailler* était un *droit royal* que le prince pouvait vendre, et que les sujets devaient acheter.

« Nous nous hâtons de rejeter une pareille maxime.

« Dieu, en donnant à l'homme des besoins, en lui rendant nécessaire la ressource du travail, a fait, du droit de travailler, la propriété de tout homme; et cette propriété est la première, la plus sacrée et la plus imprescriptible de toutes.

« Nous regardons comme un des premiers devoirs de notre justice, et comme un des actes les plus dignes de notre bienfaisance, d'affranchir nos sujets de toutes les atteintes portées à ce droit inaliénable de l'humanité: nous voulons, en conséquence, abroger ces institutions arbitraires, qui ne permettent pas à l'indigent de vivre de son travail, qui repoussent un sexe à qui la faiblesse a donné plus de besoins et moins de ressources, et semblent, en le condamnant à une misère inévitable, seconder la séduction et la débauche; qui éloignent l'émulation et l'industrie, et rendent inutiles les talents de ceux que les circonstances excluent de l'entrée d'une communauté; qui privent l'état et les arts de toutes les lumières que les étrangers y apporteraient; qui retardent le progrès des arts par les difficultés multipliées que rencontrent les inventeurs, auxquels les différentes communautés disputent le droit d'exécuter les découvertes qu'elles n'ont point faites.

« Nous ne serons point arrêtés dans cet acte de justice par la crainte qu'une foule d'artisans n'usent de la liberté rendue à tous pour exercer des métiers qu'ils ignorent, et que le public ne soit inondé d'ouvrages mal fabriqués: la liberté n'a point produit ces fâcheux effets dans les lieux où elle est établie depuis longtemps. Les ouvriers des faubourgs et des autres lieux privilégiés ne travaillent pas moins bien que ceux de l'intérieur de Paris. »

Cet édit excita des clameurs universelles qui contribuèrent à renverser le ministère dont Turgot faisait partie, et, aussitôt sa chute, les corporations furent rétablies par un édit par lequel on cherchait, en maintenant partiellement le principe de la liberté du travail, à conserver l'organisation passée dans les mœurs.

« Louis, par la grâce de Dieu, etc. Notre amour pour nos sujets nous avait engagés à supprimer par notre édit du mois de février dernier, les jurandes et communautés de commerce, arts et métiers. Toujours animés du même sentiment et du désir de procurer le bien de nos peuples, nous avons donné une attention particulière aux différents mémoires qui nous ont été présentés à ce sujet, et notamment aux représentations de notre cour de parlement; et ayant reconnu que l'exécution de quelques-unes des dispositions que cette loi contient pouvait entraîner des inconvénients, nous avons cru devoir nous occuper du soin d'y remédier, ainsi que nous l'avions annoncé; mais persévérant dans la résolution où nous avons toujours été de détruire les abus qui existaient avant notre édit dans les corps et communautés d'arts et métiers, et qui pouvaient nuire aux progrès des arts, nous

avons jugé nécessaire, en créant, de nouveau, six corps de marchands et quelques communautés d'arts et métiers, de conserver libres certains genres de métiers ou de commerces qui ne doivent être assujettis à aucuns règlements particuliers ; de réunir les professions qui ont de l'analogie entre elles, et d'établir à l'avenir des règles dans le régime desdits corps et communautés, à la faveur desquelles *la discipline intérieure et l'autorité domestique des maîtres sur les ouvriers seront maintenues, sans que le commerce, les talents et l'industrie soient privés des avantages attachés à cette liberté qui doit exciter l'émulation sans introduire la fraude et la licence.* La concurrence établie pour des objets de commerce, fabrication et façon d'ouvrages, produira une partie de ces heureux effets ; et le rétablissement des corps et communautés fera cesser les inconvénients résultant de la confusion des états. Les professions qu'il sera libre à toutes personnes d'exercer indistinctement continueront d'être une ressource ouverte à la partie la plus indigente de nos sujets ; les droits et frais pour parvenir à la réception dans lesdits corps et communautés, réduits à un taux très-modéré et proportionné au genre et à l'utilité du commerce et de l'industrie, ne seront plus un obstacle pour y être admis ; les filles et femmes n'en seront pas exclues ; les professions qui ne sont pas incompatibles pourront être cumulées...

« En rectifiant ainsi ce que l'expérience a fait connaître de vicieux dans le régime des communautés, en fixant par de nouveaux statuts et règlements un plan d'administration sage et favorable, lequel dégagera des gênes que les anciens statuts avaient apportées à l'exercice du commerce et des professions ; et détruisant des usages qui avaient donné naissance à une infinité d'abus, d'excès et de manœuvres dans les jurandes, et contre lesquels nous avons dû faire un usage légitime de notre autorité, nous conserverons de ces anciens établissements les avantages capables d'opérer le bon ordre et la tranquillité publique. A ces causes, etc... »

Il a été d'usage de répéter, tant que nous avons vécu dans le respect de la tradition révolutionnaire, et que les derniers événements ne nous avaient pas montré que nous suivions une voie funeste, que l'édit que nous venons de rapporter était un abandon insensé des idées de progrès. Certes, il serait absurde de soutenir que M. de Calonne fût un philosophe d'autant de valeur que Turgot ; mais c'était un esprit délié, saisissant vite les fautes de ses adversaires.

Nous comprenons bien, sachant comment se forme l'opinion publique, que l'édit de Turgot, inattaquable quand il proclamait le principe de la liberté du travail, devait blesser bien des individus, en déclarant en quelque sorte illicites des influences justement acquises, lorsqu'il dissolvait toute corporation, tout groupement de

personnes vouées à une même industrie, faisait disparaître les fondations établies, transformait les vieilles relations entre les patrons et les ouvriers, installait le désordre en rompant avec toutes les anciennes coutumes. C'était là une perturbation considérable, car, comme l'a démontré Stuart Mill, la coutume est la puissance modificatrice de l'économie politique qui sert à adoucir les frottements, à diminuer les souffrances qui résultent de leur application.

Nous avons déjà montré combien Turgot et les Assemblées de la Révolution ont échoué dans leur proscription de toute association d'ouvriers, comment l'enrégimentation de plus de 100,000 ouvriers parisiens, obéissant aveuglément à des chefs occultes, répond à leur prétention de faire que, par suite de l'absence de toute institution légale, la discussion du taux du salaire ait lieu entre chaque patron et chaque ouvrier isolément !

Nous consacrons le chapitre suivant à montrer comment les corporations tendent à renaître de nos jours, au grand avantage de tous, sans pouvoir nuire à personne. Nous dirons seulement quelques mots des points sur lesquels l'organisation de nos pères avait une supériorité évidente sur celle de nos jours. Tel était l'apprentissage.

L'apprentissage était long, sévère, mais avait un cachet paternel qui compensait tous les défauts ; l'apprenti faisait partie de la famille du patron, qui s'occupait de son éducation morale, en faisait un honnête homme en même temps qu'un habile ouvrier. Aujourd'hui l'absence de règlements, l'esprit d'indépendance ont à peu près détruit l'apprentissage ; il n'a plus de valeur que dans un très-petit nombre de professions et d'ateliers.

« L'apprentissage (dit M. J. Gaudry, ingénieur civil) est dans un état déplorable et menaçant pour l'avenir de notre industrie, tandis qu'il est toujours complet en Angleterre et en Allemagne.

« Qu'en résulte-t-il, sinon ce fait bien connu, qu'un bon ouvrier est de plus en plus rare, et qu'on entend partout répéter ce mot : on ne sait plus travailler ! C'est là peut-être le point le plus vif de la question ouvrière...

« Après l'indigne abus qui a été fait de l'hospitalité française, on s'était bien promis de ne plus employer les Allemands. Et cependant, dans un seul arrondissement de Paris, il en est revenu 2,000. Un agent du dernier recensement s'en indignait ; partout on lui répondait : que voulez-vous que je fasse ? Je ne trouve pas d'ouvriers français, et si je refusais ces maudits étrangers, je ne pourrais plus remplir mes engagements.

« C'est que dans la classe ouvrière il y a beaucoup de *fruits secs*, ou de non-valeurs qui ne peuvent être pour un patron des collaborateurs utiles. Tous les jours il se présente des

ouvriers avec plus ou moins de bonne volonté de travailler, auxquels il faut rappeler qu'on ne s'improvise pas plus terrassier ou serrurier, qu'on ne devient avocat ou médecin sans un noviciat méthodique. C'est par celui-ci, que suit l'exercice spécialisé de toute la vie, que l'ouvrier anglais acquiert cette sûreté de main qui étonne. »

« *Voici ce qui se passe depuis vingt-cinq ans à à Paris*[1] : Il ne se fait presque plus d'élèves dans les professions industrielles sérieuses, nous tirons nos ouvriers de la province et de l'étranger; les parents exigent tous, de suite, un gain quelconque pour leurs enfants. Ne pouvant payer un contre-maître à neuf francs par jour, donner du bois, du fer ou de l'étoffe à gâter à des élèves, et pendant ce temps les payer en plus, nous refusons. Alors les parents mettent leurs enfants dans les professions où les patrons, tirant un produit immédiat des apprentis, peuvent les rémunérer faiblement. Ces professions sont généralement celles des lanceurs de navette, dans les ateliers de tissage de Belleville et Ménilmontant; gâcheurs de couleurs et tireurs de papiers, dans les fabriques de papiers peints, plieurs, porteurs et brocheurs, dans les imprimeries et ateliers de reliure; polisseurs, finisseurs, vernisseurs, etc., etc. Enfin ce sont là des accessoires de professions, que des machines simples à inventer et à construire devraient remplacer pour la plupart, mais non des professions sérieuses.

« Les enfants, moins surveillés, deviennent marchands de contremarques, ouvreurs de voitures, etc., etc. Bref, tous les métiers interlopes, qui fourmillent dans Paris, sont exercés plus ou moins bien par ces enfants.

« Comme conséquences : 1° Il ne se fait pour ainsi dire pas d'élèves dans les professions du bâtiment, de l'ameublement et du vêtement;

« 2° Ces professions, qui périclitent, manquant de bras, augmentent la valeur de leurs produits d'une façon insensée depuis trente ans;

« 3° Tous ces enfants arrivent à vingt ans n'ayant aucun métier sérieux entre les mains. Ne pouvant se donner les jouissances de la vie, que chez les autres ils ont constamment devant les yeux, ils deviennent pour la plupart jaloux de ceux qu'ils nomment leurs exploiteurs. Arrivés là, ils sont devenus les véritables ennemis de la société. Aussi la société parisienne, en ne s'occupant pas d'obliger et d'aider les apprentissages, crée et met au monde tous les vingt ans une armée du mal, composée de *cent mille individus* au minimum, toujours prête à se mettre au service de toutes les exagérations politiques et sociales qu'engendrent périodiquement les malentendus existant entre les classes de la société. »

1. *Lettre au Jury international de Vienne*, par M. Mazaroz, grand fabricant de meubles sculptés, pour réclamer l'établissement de la famille professionnelle.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

Aux vices de l'apprentissage, il faut ajouter un état d'agitation d'esprit chez l'ouvrier qui s'accorde mal avec une grande perfection de travail. Jadis il ne changeait jamais de maison, gagnait moins d'argent, menait une existence plus rude qu'aujourd'hui; mais, en compensation, il ne souffrait pas tant de son sort, n'était pas dévoré par l'envie et la jalousie qui empoisonnent de nos jours son existence de la manière la plus fâcheuse et rongent toute la société moderne. Nos fêtes populaires n'ont plus la gaieté, l'entrain des fêtes de nos pères; on ne sait plus s'amuser quand on est devenu hargneux.

Nul doute que le désir de s'établir, de s'enrichir qui possède si justement nos bons ouvriers, ne soit un des ressorts les plus énergiques de notre société moderne, et personne qui ne se réjouisse de voir presque constamment d'anciens ouvriers devenus possesseurs de la majoure partie de nos établissements industriels; mais si la tête de la classe ouvrière est remarquable en France, les progrès de la masse sont plus que contestables.

Nous citerons encore à ce sujet l'opinion de M. Mazaroz; il considère comme bien établi par les faits la grande utilité des anciennes corporations, au point de vue de l'habileté professionnelle.

« Les corporations, dit-il, étaient des écoles, des centres d'instruction et de spécialités où l'on apprenait la partie d'art et de science relative à chaque industrie.

« Par leur destruction, le travail fut désorganisé pour l'avenir, et le règne de la camelote, de la spéculation et de l'ignorance dans la production fut créé du même coup, car tous les liens et toutes les garanties réciproques du travail n'existaient plus.

« La vérité est que ces anciennes corporations, dont Étienne Boileau, prévôt de Paris sous Louis IX, nous a conservé les statuts dans son *Livre des Métiers*, ont su durant quatre siècles, élever et maintenir la production française à une hauteur et à une beauté que nous ne sommes pas encore parvenus à égaler. C'est appuyées sur leur forte et intelligente organisation qu'elles ont pu entreprendre et mener à si bonne fin cette multitude de travaux de tous genres, depuis la cathédrale jusqu'au bahut, depuis le bronze colossal jusqu'à la figurine d'ivoire, depuis l'armure repoussée au marteau et gravée de nielles merveilleux, jusqu'à la clef de fer ciselée comme un bijou, depuis la fine miniature des manuscrits jusqu'au plat de reliure le plus délicat, depuis le cristal de roche taillé en buire svelte jusqu'à l'émail et à la faïence aux reflets phosphorescents, toutes créations où l'art est toujours et partout si intimement lié à l'industrie, et qui sont aujourd'hui l'honneur de nos villes et de nos musées.

« Tous ces grands ou charmants modèles, il

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

faut bien le reconnaître, laissent fort au-dessous d'eux nos copies aussi pâles qu'obstinées.

« C'est que pour atteindre à la perfection en toute œuvre il faut une forte éducation, une longue pratique, les bons conseils et la savante direction des maîtres; il faut longtemps les voir travailler afin de surprendre leur secret; il faut patiemment s'approprier le goût sûr et la science qui les mènent à assortir les détails aux ensembles, le génie du bon sens qui leur permet — ce qui est leur suprême triomphe — d'unir le beau à l'utile : mais il ne suffit pas d'être libre pour cela.

« Ce serait donc une chose excellente, et dont notre industrie et notre art contemporains bénéficieraient largement, que la fondation à nouveau de ces antiques corporations des métiers.

« *Que toutes les familles professionnelles soient ouvertes, qu'aucune ne soit fermée.* Qu'on soit libre d'y entrer, qu'on soit libre d'en sortir, et soudain toutes les objections tombent, tous les inconvénients disparaissent. Les plus sérieux avantages subsistent seuls, et la liberté, loin d'affaiblir la patriotique organisation de la famille professionnelle, lui prêtera une force nouvelle en rendant volontaire toute adhésion qui viendra à elle. »

Nous rapporterons encore ici, sur les défauts de notre industrie actuelle au point de vue technique, l'opinion d'un maître que l'on ne pourra pas accuser d'opinions rétrogrades, du savant architecte Viollet-Leduc

« Les corps de métiers avaient l'inconvénient de maintenir la main-d'œuvre à un prix élevé, de composer une sorte de coalition permanente, exclusive, jalouse, et toujours en situation de faire la loi à l'acheteur; mais ces corps conservaient les traditions, repoussaient les incapacités ou les bras inhabiles. La main-d'œuvre, n'ayant pas de concurrence ruineuse à craindre, tenait à la bonne renommée qui faisait sa richesse et lui assurait le travail de chaque jour.

« Il faut bien reconnaître qu'en France nous ne savons pas profiter de la liberté avec la tempérance et la tenue qui peuvent seules en garantir la durée, et qu'une barrière n'est pas plutôt renversée, que tout le monde veut passer en même temps, sous peine de tomber les uns sur les autres.

« Les industries affranchies de toute entrave par les principes de 1789 se sont bientôt livrées à une concurrence effrénée à ce point, que plusieurs ont cessé d'inspirer toute confiance et ont vu cesser les demandes peu à peu, surtout à l'étranger, à cause de l'infériorité de la fabrication. Nos chefs d'industrie sont très-capables, nos ouvriers sont pleins d'intelligence; mais, dans le cours ordinaire des choses, maîtres et ouvriers se contentent d'*à-peu-près*. S'il s'agit d'une exposition industrielle, de paraître devant les autres nations, la plupart de nos fabricants pourront se trouver au premier rang, envoyer des produits incomparables sous le rapport du goût et de l'exécution; mais s'il s'agit de multiplier ces produits à l'infini, d'en exporter des milliers, ils seront la plupart défectueux, négligés, incomplets.

« Ce malheureux défaut, qui tient à notre caractère, nous a fermé des débouchés sur toute la surface du globe; tandis que nos voisins les Anglais, inférieurs à nous sur bien des points, s'emparent des marchés par l'égalité de leurs produits. L'organisation des jurandes et maîtrises apportait un frein à cette habitude de fabriquer d'autant moins bien qu'on fabrique davantage. Nous avons tous éprouvé que l'on ne peut prendre aujourd'hui dans le commerce les objets qui demandent une exécution régulière et soignée, et que si nous voulons, par exemple, de bonnes serrures, il faut les faire faire exprès; que si nous avons un appartement à meubler, nous devons commander chaque meuble et veiller à ce que son exécution soit irréprochable... »

Au point de vue du rôle des corporations pour le soulagement des souffrances des ouvriers, on peut voir dans A. Monteil comment, après avoir étudié dans les patientes recherches sur l'ancienne France les confréries annexes des corporations, forme du groupement des corps de métiers pour les démonstrations religieuses, liées intimement aux institutions de bienfaisance, il indique combien c'était une lourde charge que la responsabilité qui incombait aux patrons, dans ce passage de son écrit sur le MALHEUR DES GENS DE MÉTIERS (XV^e^ siècle).

« Malheur des maîtres! Qu'arrive-t-il, messires, lorsqu'il y a trop d'ouvriers et pas assez de travail? Vous le savez, une partie tombe dans la misère; nos statuts nous imposent alors le devoir de secourir nos confrères; la misère amène la maladie, la mort : nous devons les faire enterrer. Ils laissent des veuves, des orphelins, des orphelines; c'est à nous à les nourrir; les orphelins grandissent : c'est à nous à les élever, à les enseigner; les orphelines grandissent, c'est à nous à les doter, à les marier. »

C'était l'église, autour de laquelle s'organisaient les confréries, dans une société profondément religieuse, qui bénissait les bannières et intervenait dans toutes les fêtes du corps de métier, qui prélevait une espèce de taxe des pauvres qui sortait de la caisse de chaque confrérie. Cette caisse, souvent désignée sous le nom de *charité du métier*, était alimentée par les retenues faites sur le salaire, les deniers à Dieu payés pour les transactions et par les amendes. La taxe était permanente, et lorsqu'elle ne pouvait suffire aux nécessités, les corporations étaient autorisées à imposer sur chacun des confrères, mais toujours du consentement de la majorité, une prestation

extraordinaire, recouvrable, comme pour les impôts royaux, par voie de contrainte.

Ces taxes entraient aussi, pour une grande part, dans l'AUMONE GÉNÉRALE, dans la fondation des nombreux hôpitaux et hospices destinés aux classes laborieuses des villes industrielles.

On voit que les institutions qui accompagnèrent la substitution du salaire et de la liberté au servage, tendaient à corriger les effets de l'isolement du travailleur émancipé, dans les cas les plus pénibles, et il n'y a pas eu seulement des avantages à supprimer toutes ses relations avec le patron, en détruisant brutalement ce que les membres de nos assemblées, ignorants de la vie industrielle, ne comprenaient pas.

En résumé, le patronage ancien, s'il avait des inconvénients, n'était donc pas sans offrir des avantages sérieux ; l'esprit de famille professionnelle conduisait à remédier à bien de maux, et c'est en détruisant tout l'organisme qui s'occupait des souffrances qu'apporte à l'ouvrier l'instabilité du travail, la maladie, la vieillesse, en rompant tous les liens de la famille professionnelle que la Révolution nous a, en partie, conduits à cet état d'ébullition permanent des classes ouvrières, qui ne saurait persister sans danger incessant d'explosions destructives pour la société.

Indépendamment de tout pouvoir, les corporations étaient très-utiles aux patrons ; la dignité personnelle s'exaltait chez ceux qui étaient nommés syndics, échevins, etc., par les suffrages de leurs confrères, les plus flatteurs de tous, les seuls qui corrigent par l'estime et la considération les chances des affaires, et font passer la loyauté avant la finesse qui procure quelquefois les plus gros bénéfices. Or, il n'importe pas peu que le patron sache commander, inspire le respect ; c'est la première condition du rétablissement des bonnes influences, qui sont la condition la plus essentielle de l'ordre moral dans les ateliers.

4. — DES CHAMBRES SYNDICALES.

La nécessité de s'entendre sur des questions d'intérêt professionnel, de faire face à des dangers pressants, contraint fréquemment les personnes exerçant une même profession à se réunir, à nommer des délégués, des commissaires chargés de suivre certaines négociations. La répétition de semblables nécessités a fini par rendre stable dans certaines industries ces organisations temporaires, et depuis bien longtemps déjà les Chambres du bâtiment dites de la Sainte-Chapelle, dont le domicile est près du Palais de Justice, dans le bel immeuble qu'elles se sont construites, fonctionnent à Paris. Elles comprennent les diverses Chambres spéciales à chacun des corps d'état qui concourent à l'érection d'un bâtiment (carriers, entrepreneurs de maçonnerie, de plomberie, de pavage, de serrurerie, etc.) et ont rendu de grands services.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

Plus recemment de nombreux corps d'état ont fondé, sur des bases analogues, des Chambres syndicales qui sont devenues aussitôt des rouages essentiels du mécanisme professionnel.

Je citerai, parmi les plus importantes, la *Chambre syndicale des tissus* qui compte un grand nombre d'adhérents, notamment parmi les nombreux fabricants qui ont leurs dépôts à Paris ; la *Chambre syndicale des bronzes*, formée de la totalité des fabricants, contraints à en faire partie, s'ils n'en eussent eu envie, par la nécessité de faire face à la coalition incessante des ouvriers de la profession ; la *Chambre syndicale de la bijouterie* ; le *Cercle de la librairie et de l'imprimerie* qui constitue une véritable Chambre syndicale, avec un centre de réunion destiné à faire régner la confraternité entre les membres d'industries voisines ; la *Chambre des imprimeurs* ; la *Chambre syndicale de la céramique*, etc., etc.

Ces chambres vont se multipliant chaque jour, et en ne comptant avec les anciennes que les plus importantes de celles fondées par l'Union du commerce, par des procédés trop imités depuis par les ouvriers pour la fondation de leurs Chambres syndicales ouvrières, à Paris on en compte au moins quarante à cinquante fort sérieuses, Il n'est plus de corps d'état qui ne puisse aujourd'hui profiter de cette forme de groupement, pour employer la force de l'association et reunir les efforts de tous, lorsqu'il s'élève une question d'intérêt général.

En dehors de Paris et surtout dans les contrées livrées à une même industrie, les chambres de commerce créées par l'administration, vu la nécessité d'avoir quelques renseignements sur l'industrie sont absolument des institutions semblables. Les Chambres de commerce de Saint-Malo, de Rochefort, de Granville, de Dunkerque, etc., sont des chambres syndicales d'armateurs ; celles de Lyon, de Roubaix, de Reims, etc., des chambres syndicales de fabricants de soieries, de filateurs. On peut donc dire que cette organisation comprend aujourd'hui toute l'industrie.

Que sont ces Chambres syndicales nées dans les diverses industries de l'absolue nécessité pour chacun de ne pas rester isolé dans les questions d'intérêt général ?

Ce sont de véritables *corporations*, des corporations sans aucun pouvoir légal, ne pouvant gêner la liberté de personne, par suite auxquelles ne s'appliquent pas les reproches faits par Turgot aux anciennes corporations, mais qui peuvent reprendre les traditions de celles-ci pour faire renaître leurs créations utiles, analogues à celles que nous avons vues apparaître dans la grande industrie, rétablir les bonnes influences, devenir en un mot un rouage capital pour faire régner l'ordre vrai dans les ateliers. On était ar-

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

rivé jadis à une semblable organisation qui a duré 4 ou 5 siècles; le désordre dans les ateliers, la force des choses, nous y ramènent d'une manière irrésistible.

Nous croyons que les personnes qui ont vu de près des Chambres syndicales ou quelques associations analogues, ont reconnu qu'elles constituaient le seul organisme susceptible de venir à bout de l'hostilité funeste de tant d'ouvriers contre leurs patrons et la société même.

Praticiens choisis par leurs confrères, les membres du conseil des Chambres syndicales sont des gens de valeur, connaissant bien les questions professionnelles, ayant une influence personnelle sur nombre d'ouvriers du corps d'état, qu'ils font ou ont fait travailler. Personne ne connaît mieux qu'eux les besoins et les désirs de leurs collaborateurs, leurs qualités et leurs défauts, les usages qui tendent à s'introduire dans les ateliers; personne n'est mieux placé pour faire régner la paix dans leurs relations mutuelles, empêcher les grèves par des concessions raisonnables, quand il y a lieu, concessions étudiées, prévues, pouvant être faites en temps utile par les principaux fabricants habitués à se concerter, pour peu que la législation ne soit pas complice de machinations souterraines, qui entretiennent l'agitation par l'attente de batailles inévitables par suite des préparatifs mêmes.

Une condition essentielle pour que les Chambres syndicales puissent rendre les services qu'on doit en attendre, est de les reconnaître comme établissements d'utilité publique. Les revenus qu'elles pourraient réunir et capitaliser par les sacrifices des patrons, par des recettes spéciales, par les legs que peuvent leur laisser en mourant des industriels enrichis, par bienveillance pour leurs anciens collaborateurs et pour contribuer au succès d'une industrie à laquelle ils ont consacré toute leur vie, comme l'ont fait Crozatier, Breuzin et autres, ne peuvent fournir des ressources croissantes qu'autant que cette nouvelle main-morte pourra être constituée solidement, afin de permettre d'utiles fondations et d'aider à alléger bien des souffrances par des secours bien répartis. Il n'est pas besoin d'être très-familiarisé avec la vie des ateliers pour sentir que c'est dans cette direction que se trouve la solution de la question ouvrière, autant qu'elle peut être résolue, c'est-à-dire non pas le moyen de faire des rentes à tout le monde, mais de multiplier les institutions qui perfectionnent, soutiennent, secourent intelligemment le travailleur, le font échapper à l'isolement qui le rend hostile à une société qu'il trouve dure à son égard.

Les Chambres syndicales sont encore bien nouvelles pour que les institutions qu'elles ont pu fonder soient en bien grand nombre; mais celles-ci sont suffisantes pour démontrer qu'une semblable association des patrons dont les ateliers ont une importance moyenne et même médiocre, pourra réaliser toutes celles dont la grande industrie a doté ses ouvriers, consolider des coutumes protectrices propres à chaque industrie, qui naissent spontanément de la nature du travail et des habitudes des ouvriers qui l'exercent, s'occuper de l'apprentissage, des caisses de secours aux malades et aux infirmes, etc., etc., et réagir ainsi puissamment contre les mauvais sentiments d'envie qui sont la plaie de notre époque.

Nous citerons, en premier lieu, l'école de dessin et de moulage fondée par la Chambre syndicale de la bijouterie, qui, soutenue par une allocation de la Chambre, recevant pour ses lauréats de très-beaux prix, surveillée par les plus habiles fabricants, deviendra une pépinière d'excellents ouvriers pour une industrie où les premiers sont de véritables artistes. La Chambre des Bronzes a créé une institution analogue.

Un genre de services très-apprécié que rendent toutes les Chambres syndicales de Paris est d'aider puissamment la justice consulaire en faisant des rapports sur les contestations de leur spécialité, entendant les parties et les conciliant très-souvent, par suite de la difficulté pour les plaideurs de repousser l'arbitrage de leurs pairs, trop expérimentés pour que le bon droit ne soit bientôt reconnu.

Toutes les Chambres syndicales, croyons-nous, dépensent certaines sommes en fonds de secours; mais nous ne savons pas si, dans quelques-unes, il en est résulté une fondation de caisse de secours; à cet effet, une cotisation des participants est tout à fait nécessaire pour leur donner l'excellent caractère de caisse d'assurance contre les accidents. Les nombreuses fondations municipales de cette nature faites sous l'Empire, avec la participation de membres honoraires, rend ces créations peu urgentes.

Au Cercle de la librairie, c'est par une cotisation annuelle de chaque membre, peu considérable pour chacun, sans capital spécialement accumulé, que nous faisons face à tous les besoins des veuves, des blessés de la librairie, aidés déjà par le legs d'une petite rente, souvenir d'un ancien confrère.

Un mot sur cette Chambre syndicale, pour montrer, par un exemple qui m'est bien connu, comment toutes les créations désirables doivent procéder pour ainsi dire nécessairement de nos utiles corporations modernes.

Créé en 1847 surtout pour fonder un centre de réunion, entretenir la bonne confraternité entre personnes exerçant la même industrie, le Cercle, devenu Chambre syndicale, spontanément en quelque sorte, a vu son rôle grandir par suite des nécessités de chaque jour. Déjà, par suite d'une heureuse administration, il dispose d'un capital d'environ 200,000 francs, appartenant à la corporation seule, c'est-à-dire ne pouvant être em-

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

ployé qu'à des œuvres d'intérêt général. Aussi son Conseil peut-il rendre d'utiles services à la profession par des publications professionnelles, par l'organisation d'expositions collectives comme celle de Vienne, où il a fait paraître, avec un grand éclat, nos industries, etc.; mais la majeure partie des ressources n'est pas encore employée, et c'est le désir de bien faire qui a retardé des fondations qui se succéderont en quelque sorte par la force des choses.

Parmi les plus probables et les plus prochaines je citerai des cours d'apprentissage pour la typographie, à l'imitation de ceux que les libraires allemands ont créés récemment à Leipzig.

Une forme convenable pour inciter les ouvriers à l'économie, sans offenser leur grande susceptibilité, que j'eusse voulu faire adopter pendant ma présidence, si les événements n'avaient forcé d'ajourner tout progrès, est la suivante que je recommande aux Chambres syndicales. Elle consiste à employer une partie des revenus de la corporation dont on peut disposer, pour porter à 10 pour 100 au lieu de 3 pour 100 les intérêts des sommes économisées sur les salaires, déposées à la Caisse d'épargne, chez nous, par des employés de librairie, des compositeurs, imprimeurs, etc., jusqu'à concurrence de 1,000 francs par exemple. L'énormité de l'intérêt sera un puissant attrait pour décider aux premières économies, et l'ouvrier qui aura mis 1,000 francs de côté sera un ouvrier rangé pour le reste de sa vie.

Il est une circonstance de l'existence des ouvriers où ils sont vraiment à plaindre, à savoir quand, les travaux diminuant, il leur faut courir les ateliers sans trouver de travail nulle part. On comprend que les esprits chagrins rêvent alors de société nouvelle et deviennent bientôt ingouvernables; ce qui semblerait montrer que cette cause a de l'importance à ce point de vue, c'est que les ateliers où le travail ne chôme jamais, où les places sont à vie pour l'ouvrier rangé, comme ceux des chemins de fer, sont d'une conduite très-facile.

Dieu me garde de conclure de là au *droit au travail*, une des absurdités de 1848, démodée aujourd'hui. La société n'est pas responsable de ce que l'homme vient au monde sans richesse. Les remèdes aux souffrances, par cela seul qu'elles existent, sont du domaine de la charité, mais non de celui de la justice. L'affectation de quelques ressources pour doter une caisse de chômage, pour quelques secours temporaires, serait souhaitable, croyons-nous, et une excellente fondation à proposer aux Chambres syndicales de quelques industries.

Des ouvriers de première classe. — Un atelier est un organisme disposé pour produire le mieux et le plus rapidement possible. Fondé sur une division spéciale du travail fixant le meilleur mode d'utilisation d'appareils et de machines, d'ouvriers expérimentés et d'ouvriers moins habiles, chaque atelier présente un nombre différent de bons et de mauvais ouvriers. La proportion moyenne des uns et des autres, qui varie d'ailleurs avec l'habileté du patron qui sait les former et les conserver, qui est difficile à déterminer pour les différentes professions, et sans laquelle cependant il est impossible de pousser un peu loin une étude *vraie* des questions ouvrières, est, d'après mon appréciation, la suivante :

Un QUART des ouvriers peut être considéré comme formant ce que j'appellerai les ouvriers de *première classe*, par assimilation aux soldats de première classe qu'on nomme dans les régiments, dans cette même proportion à peu près, et qui sont les soldats sur lesquels on peut compter. C'est dans ce quart que viennent se ranger toutes les *capacités ouvrières* de l'atelier, les hommes arrivés à faire une chose par eux-mêmes, sans être guidés par plus habile qu'eux; et quiconque a jamais tenté de produire quelque chose de ses mains, sait combien il est difficile d'exécuter un ouvrage purement, complétement. Pour y parvenir, il faut un degré d'intelligence et d'adresse très-voisin des facultés de celui que nous nommons un artiste ou un savant, facultés qui se rencontrent souvent à un plus haut degré chez des hommes exerçant des métiers vulgaires que chez certains artistes de profession.

Les autres ouvriers se divisent naturellement en deux parts : la dernière renferme les ivrognes, les paresseux, mais surtout, et en très-grand nombre, les malheureux dont l'énergie ou le cerveau sont insuffisants pour qu'ils puissent jamais devenir de véritables ouvriers, exécuter correctement une opération qu'ils voient faire tous les jours. La pratique des ateliers apprend combien cette classe des mauvais ouvriers est nombreuse : chacun n'a-t-il pas vu de vieux goujats servant les maçons sans jamais devenir des compagnons, et au collége des camarades incapables d'affronter les faciles épreuves du baccalauréat ou de l'examen de Saint-Cyr?

Les politiques peuvent bien faire des électeurs de ces nombreuses incapacités, mais quant à en faire des compagnons maçons ou charpentiers, il faut y renoncer.

Les ouvriers de cette catégorie sont ceux qu'un fabricant n'emploie que contraint et forcé, dont il se débarrasse quand les affaires baissent, dont le travail est onéreux surtout avec des prix uniformes pour la journée de travail.

Reste enfin la troisième partie, composée des ouvriers moyens, pas assez intelligents, pas assez énergiques pour pouvoir être comptés parmi ceux qui font la supériorité d'un atelier et celle de l'industrie d'un pays. Ceux qui ont de la conduite, les plus jeunes surtout, pourront y parvenir en gagnant de l'expérience, et déjà ils exécutent passablement les travaux faciles qu'on

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

leur confie. Ils constituent, au point de vue moral, la classe flottante ; ils sont capables du bien comme du mal, selon que, sous l'influence de la camaraderie, ils obéissent à une impulsion bonne ou mauvaise ; la volonté, la spontanéité étant ce qui leur fait généralement défaut en tout.

La différence qui existe entre les bons ouvriers et les autres est radicale, profonde, accusée avec une parfaite netteté pour quiconque a vécu dans un atelier, et il ne sera pas contesté que les premiers doivent occuper une place importante dans la société moderne. M. Roebuck, le vieux radical anglais, dans une conférence faite par lui à Manchester, a expliqué avec un grand sens aux bons ouvriers de cette métropole de l'industrie cotonnière, qu'il ne leur manquait que de soigner leur tenue pour être de véritables gentlemen, leurs salaires comme l'intelligence qu'ils déploient dans leur travail les mettant dans une position supérieure à celle du petit employé ou du petit rentier. Nous avons moins à réagir chez nous contre le besoin d'une nourriture copieuse et choisie qui, en même temps que l'absence du décorum, peut souvent être reproché à l'ouvrier anglais, bien que les dépenses faites au cabaret et au café par les nôtres s'en rapprochent assez.

Une des fonctions principales que nous voudrions attribuer aux chambres syndicales, chambres de commerce et autres institutions groupant les chefs d'industrie, serait de les charger de la désignation des bons ouvriers, de conférer les brevets d'ouvrier de première classe.

Cet honneur rendu aux *capacités ouvrières* grandira et fortifiera l'influence salutaire des bons ouvriers dans les ateliers. Il est juste de rendre hommage à ces excellents collaborateurs, qui font le succès de nos grandes manufactures, dont le développement rend illusoire pour eux l'espoir de s'établir dans leur industrie, comme cela a lieu chez les artisans des villes, où les bons ouvriers de la veille fournissent tous les patrons du lendemain, et qui doivent trouver des satisfactions suffisantes à en être des rouages utiles et honorés.

La pratique indique que cette voie est excellente. Dans la Compagnie des Omnibus de Paris, les plus anciens et meilleurs cochers, dont le service est si dur et si difficile, ont un supplément d'appointements comme cochers de première classe. Le prix de la journée est de 4 fr. à l'entrée, 5 fr. après trois ans de service. Nul doute que ce ne soit cette utile création, due à l'initiative d'un éminent administrateur, qui n'ait préservé cette Compagnie de plusieurs grèves ruineuses et donné un excellent esprit à son nombreux personnel. Tous les employés de cette grande Compagnie le savent bien.

La détermination précise du mécanisme convenable pour assurer une juste désignation des ouvriers de première classe offre certainement des difficultés, quand il s'agit de la fixer pour un grand pays dont les diverses provinces ont des industries et des mœurs différentes ; mais elles ne semblent pas telles qu'avec un peu de bonne volonté elles ne puissent être aisément surmontées. Le problème se réduit, en réalité, comme toutes les fois qu'il s'agit d'appliquer une loi à une classe déterminée de citoyens, comme pour le recrutement, les impôts, etc., etc., à constituer les commissions qui ont mission pour y procéder.

Dans le cas actuel, nous les trouvons toutes formées, dans la plupart des centres industriels, par les chambres de commerce, les chambres syndicales composées de l'élite des fabricants, désignés par l'élection de leurs confrères. Qu'on ajoute à cela, au besoin, le concours des ingénieurs, des architectes, des comices agricoles, des conseillers municipaux, et l'on reconnaîtra que le personnel ne fait pas défaut pour organiser ces commissions dans d'excellentes conditions, c'est-à-dire possédant tous les éléments nécessaires pour bien remplir la mission qui leur sera confiée.

Elles y parviendront d'autant plus aisément, que le travail qu'elles auront à faire ne sera pas trop considérable, se réduira à peu de chose pour les ateliers les plus nombreux. En effet, les fabricants auront à remettre la liste des ouvriers qu'ils emploient depuis plus d'une année, qu'ils connaissent bien, comme celle des marchandeurs, ouvriers en chambre, etc., qui travaillent pour eux, en plaçant en tête ceux dont ils apprécient le plus le concours.

Nul doute que cette liste ne soit parfaitement dressée, non-seulement par un sentiment de dignité et de justice chez les patrons, mais encore parce que le classement est déjà fait par l'opinion des camarades dans l'atelier, et qu'il ne peut entrer dans l'idée d'aucun chef d'industrie de mécontenter ses meilleurs collaborateurs pour favoriser ceux qu'il estime moins. A peine, dans un petit nombre de cas, les fabricants faisant partie de la commission pourront-ils discuter les noms de quelques ouvriers qu'ils connaissent; mais presque toujours le travail de celle-ci se bornera à effacer les derniers noms portés sur des listes qui en compteront un trop grand nombre dans la première classe, fournies par des fabricants trop indulgents ou comprenant mal la loi.

Pour que le classement, qui offre une certaine difficulté à faire une première fois, ne présente pas d'inégalités choquantes en raison de l'esprit qui animera les diverses commissions, la loi devra fixer la proportion qui ne devra jamais être dépassée. J'ai proposé le chiffre de un quart; s'il est peut-être un peu faible pour quelques états à long apprentissage bien organisé, dont les incapables sont écartés, comme les ouvriers en instruments de précision, les charpentiers, etc.,

il est trop fort pour beaucoup de professions qui s'exercent presque sans apprentissage, qui utilisent tous les bras de bonne volonté, ce qui est un cas fréquent, notamment pour les manufactures qui emploient beaucoup de machines. Appliqué à l'ensemble de l'industrie, il n'est sûrement pas trop petit.

Si on était effrayé des difficultés d'une première application du système, on la simplifierait beaucoup, en admettant une proportion fixe pour la première liste, en demandant simplement aux fabricants de désigner, par exemple, le quart de leurs ouvriers, formant la tête de leurs ateliers.

On donnerait ainsi des brevets d'ouvrier de première classe à une petite proportion qui n'en serait pas absolument digne, mais qui en approcherait assez pour qu'on eût peu à regretter cette faveur.

Si ces listes offrent quelque embarras à dresser une première fois (et ils disparaissent presque entièrement avec la simplification qui vient d'être indiquée), la révision annuelle, qui se rapportera le plus souvent à un certain nombre de jeunes gens ayant fait leurs preuves de capacité et désireux de conquérir le titre d'ouvrier de première classe, ayant devant eux un but digne de flatter leur amour-propre, fin de l'apprentissage heureusement rétabli et amélioré, sera extrêmement facile, grâce à la notoriété de l'atelier et à la reconnaissance du patron pour des services rendus.

Les imperfections d'un premier classement disparaîtront bientôt par l'examen d'un nombre de demandes bien moindre (1/50 peut-être du nombre total), et l'institution entrée dans les mœurs fonctionnera aisément au profit de l'amélioration des rapports qui doivent exister entre les patrons et les ouvriers, et surtout de la dignité personnelle des plus capables de ceux-ci, sentiment qu'on ne saurait trop développer chez les individus de notre race, l'ardeur méridionale, l'entraînement leur faisant faire trop souvent des actes regrettables, qu'un peu de la tenue, du calme des Anglais leur eût fait éviter.

Ce n'est pas toutefois pour le plaisir platonique d'une classification que nous voudrions voir ces nominations de bons ouvriers. Au point de vue purement industriel, nous le croyons excellent; elles constituent une espèce de légion d'honneur, elles tendent à renforcer la hiérarchie morale dans les ateliers où elle fait tant défaut, à rendre aux patrons une juste influence. Elles donneraient satisfaction à un sentiment de justice, et paraîtraient devoir conférer la jouissance de certains droits, celui d'élire, par exemple, les membres ouvriers des conseils des prud'hommes, élection devenue impossible aux termes de la loi depuis que les livrets d'ouvrier ont disparu, et qu'on ne peut livrer au suffrage universel sans voir une institution toute industrielle prendre un caractère politique déplorable, détruisant tout principe de justice chez ces tribunaux.

Il y a d'autres conséquences à déduire, dans la voie de l'industrie pure, de cette organisation; il serait intéressant de chercher à prévoir ce qui en résulterait dans la pratique, et c'est sans doute à le faire que nous devrions avoir la sagesse de nous limiter. Mais tant de causes agissent sur le mouvement des idées en France, les passions remuent si facilement notre malheureux pays, que les prévisions sont bien peu sûres et bonnes surtout pour les feuilles éphémères du journalisme.

Ce qui est bien certain, c'est que la réorganisation de la hiérarchie dans l'industrie, comme dans toute la société, est le salut de la France.

Une réunion d'hommes ne peut espérer atteindre un but que par l'organisation d'une hiérarchie complète; non-seulement une foule confuse n'y parviendrait pas, mais même l'élection d'un chef isolé n'y suffirait pas.

Voyez un régiment organisé pour tirer le meilleur parti possible, au point de vue militaire, des soldats qui en font partie. Est-il composé seulement de soldats se dirigeant à leur volonté? Il ne subsisterait pas un instant. Serait-il constitué avec un colonel, ayant les pouvoirs les plus étendus, et de simples soldats? Ce serait, au plus, un troupeau de moutons conduit par un berger.

Il faut, pour qu'il existe réellement et puisse remplir sa mission, avec le colonel, des chefs de bataillon, des capitaines, des lieutenants, des sous-officiers, des soldats de première classe. C'est grâce à cette hiérarchie bien entendue que les ordres se transmettent et s'exécutent rapidement, que les soldats médiocres, les conscrits bien encadrés, rendent des services que, livrés à eux-mêmes, ils seraient incapables de rendre.

Tout ceci est absolument vrai pour un atelier; le patron, l'ingénieur, le contre-maître, les chefs d'atelier, les premiers ouvriers, constituent la hiérarchie au moyen de laquelle tout fonctionne pour atteindre un but déterminé, en utilisant une foule d'ouvriers médiocres, chargés de fonctions simples, suffisamment surveillés, bien encadrés.

Ce que nous voyons dans l'armée, dans les ateliers, est vrai dans la société tout entière, dans toute la collection d'individus réunis dans un but déterminé.

Apprendre à obéir intelligemment est le grand progrès moral que nous avons à faire au point de vue de l'ordre dans la société, ce qui n'empêche nullement de convoiter l'honneur de commander à son tour, quand on l'aura mérité, ce qu'il faut aussi savoir faire.

La suppression de toute hiérarchie est en fait impossible; toute la question se réduit à savoir s'il vaut mieux, pour les ouvriers, obéir à leurs patrons ou aux chefs qu'ils s'imposent eux-mêmes; pour un peuple, rester dans les condi-

tions qui seules ont fait vivre les nations dans le calme et la prospérité, accepter l'influence des hommes les plus honorables du pays, de ceux qui ont donné le plus de gages de capacité et de moralité, des chefs des meilleures familles, ou subir le despotisme des rhéteurs et des fous qui se portent en tête les jours de révolutions, soutenus par les masses ignorantes, pour détruire tous les éléments de richesse, de sécurité d'une vieille société et se mettre en route vers la sauvagerie.

Si on nie l'organisation naturelle, traditionnelle d'une nation, où chacun ne doit occuper que la place qui lui revient à juste titre, il faut courir après l'absolu, c'est-à-dire toujours se battre, toujours détruire, vu qu'on ne l'atteint jamais, et que le plus farouche jacobin trouve bientôt un jacobin plus avancé que lui.

C'est ce qu'on appelle conquérir la liberté, ce qui dans la pratique consiste à guillotiner les aristocrates, à fusiller les otages, à s'enivrer de désordre, d'eau-de-vie et de sang.

Tandis que les sentiments de jalousie dominent chez nous et tendent à rabaisser qui s'élève, tout le monde applaudit en Angleterre lorsqu'on voit la reine ennoblir des industriels hors ligne, reconnaître leur position dominante dans la société, leur faire le même honneur qu'aux meilleurs généraux, aux plus grands administrateurs, comme nous l'avons vu de nos jours pour le constructeur Fairbairn, pour J. Brown, le grand fabricant d'acier de Sheffield. Or la reconstitution de la hiérarchie naturelle n'est possible pour la France que par un changement complet dans nos idées, qui entraînera l'abolition de lois et d'institutions révolutionnaires imaginées pour faire prédominer à tout prix l'individualisme de J.-J. Rousseau, produire un nivellement progressif contraire à la justice, sans satisfaire cependant les aspirations d'égalité absolue des masses, et enfin ébranler la constitution de la famille, qui était la base de la vieille société française, comme sa solidité avait fait les mœurs et la grandeur de l'ancienne Rome.

Avant de dire quelques mots de cette question vitale, rappelons comment les tentatives de reconstruction de la famille industrielle, par l'association des chefs d'industrie, ont été tenues en échec en France, par l'initiative des ouvriers les plus ardents, qui ont constitué en quelques villes, mais surtout à Paris, des chambres syndicales ouvrières.

CHAMBRES SYNDICALES OUVRIÈRES. — Les révolutions rendent toujours plus ardentes les aspirations folles d'égalité, de jalousie contre les positions acquises, qui animent surtout les moins heureux. De ces aspirations résultent des essais d'organisation tendant à les faire triompher. La seule qui persiste aujourd'hui, et que l'exemple des *trade-unions* anglaises semble montrer être en rapport avec la grande industrie moderne, est celle des chambres syndicales ouvrières. Comme nous l'avons déjà dit, ces associations eussent été bienfaisantes si, animées de sentiments de bonne fraternité, elles se fussent proposé de chercher l'accord avec les chefs d'industrie; malheureusement elles se sont toujours inspirées du désir de lutter avec les patrons, ne reculant devant aucune démarche pouvant leur nuire, au risque de détruire l'industrie même qui les fait vivre les uns et les autres. Les idées générales qui règnent parmi beaucoup d'ouvriers et surtout parmi les mineurs des houillères, c'est que ces associations ouvrières peuvent arriver à dominer les chefs d'industrie, à les mettre dans leur dépendance, en attendant un avenir inconnu, tel qu'à l'aide de l'argent de l'État, ou quelque autre moyen, les ouvriers deviennent seuls possesseurs des établissements industriels après avoir spolié les créateurs de ces exploitations.

Il est inutile de montrer tout ce qu'a d'injuste le procédé qui consiste à dépouiller les uns au profit des autres, mais le succès ne mènerait à rien les vainqueurs; ils seraient bientôt obligés de recourir à la force sociale, de réclamer la protection de l'État, comme de simples actionnaires, contre les entreprises de plus affamés, réclamant leur part des bénéfices qu'ils se seraient réservés.

Espérons qu'instruits par la pratique et l'expérience de chaque jour, les ouvriers reconnaîtront qu'ils font fausse route, que leurs intérêts ne sont pas différents de ceux des patrons et qu'ils iront au-devant d'eux pour leur offrir leur concours, afin de reconstituer par un bon accord la famille industrielle.

Peut-on espérer un si désirable résultat? Nous nous garderons de rien affirmer, mais la force des choses et la prospérité de l'industrie française l'exigent. Nous respectons infiniment les convictions des ouvriers qui s'imaginent que le monde moderne est fait exclusivement pour la classe ouvrière, comme l'on dit, mais c'est une erreur. Il n'existe pas de classe ouvrière distincte, mais des travailleurs ayant des fonctions différentes en raison de contrats librement consentis. Aujourd'hui salariés, ils peuvent être demain associés, patrons, avec de l'économie, de l'habileté, quelque esprit inventif.

Nous souhaitons vivement que le développement de l'enseignement et un plus sérieux amour de la liberté les amènent à mieux estimer la liberté individuelle, et à désirer le succès de nombreux travailleurs restant libres.

DE LA FAMILLE. — En fait, et bien malgré nous, nous nous trouvons ramenés des questions économiques aux questions sociales, comme cela doit nécessairement arriver lorsqu'on répond aux novateurs qui veulent résou-

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

dre les premières par la force, qui prétendent qu'on doit posséder la propriété parce qu'on a le pouvoir. Toutes les solutions auxquelles on peut parvenir par cette voie sont foncièrement injustes. Le pouvoir politique, le gouvernement n'est pas fait pour attribuer la propriété à ses partisans, mais uniquement pour la faire respecter entre les mains de celui qui l'a créée, pour que chacun jouisse des fruits de son travail. Que faudrait-il pour qu'il en fût sûrement ainsi? C'est que le pouvoir appartienne à ceux qui ne sont intéressés à ce que cela soit.

Sans vouloir empiéter sur le domaine politique, et en restant dans les réalités de l'existence dans nos sociétés, nous dirons qu'il est facile de reconnaître les personnes qui remplissent sans aucun doute cette condition. Lorsque le jeune homme, après avoir cherché sa voie, trouve qu'il peut pourvoir à son existence par son travail, il s'empresse de se marier, il crée son établissement définitif. Non seulement il est alors un membre utile de la société, mais il représente en outre une femme et des enfants, il serait devenu chez les Arabes un chef de tente. Là est la véritable unité sociale, et non pas dans l'individu isolé, souvent agité parce qu'il reste en dehors de la vraie société, ce qui le conduit à rêver des organisations factices, qui, en dehors de la réalité, ne peuvent conduire, par la force des choses, qu'aux ébranlements et aux destructions.

Si nous parlions en politicien, nous pourrions tirer bien des conséquences de ces principes, mais nous voulons rester sur le terrain économique, et nous nous contenterons d'affirmer que la justice exige la forte constitution de la famille, condition de la stabilité politique et sociale, de la grandeur et de la prospérité des nations. Nous insisterons sur une réforme capitale qui en est la condition essentielle, sur un retour aux conditions naturelles détruites en France sous l'influence des idées révolutionnaires qui sont malheureusement trop profondément enracinées dans les têtes françaises, sur la liberté de tester, comprise comme dans la *République des États-Unis d'Amérique*.

DE LA LOI DE SUCCESSION EN FRANCE. — Notre loi de succession est le plus grand obstacle au développement et à la consolidation de nos ateliers industriels, et on doit la considérer comme l'entrave la plus fâcheuse mise à la formation des capitaux pouvant permettre la fondation d'établissements industriels et agricoles, comme la plus funeste à la consolidation de la famille et du bien-être. En forçant à la destruction de l'édifice élevé par chaque génération, au lieu de le respecter d'abord, sauf à en élever de nouveaux, elle est une cause d'instabilité perpétuelle. Il faudra que l'on arrive à comprendre combien doit être sacré l'édifice protecteur de la vie et de l'indépendance d'une famille, dont la conservation et la multiplication sont les grands intérêts d'une société bien assise, basée sur la famille et le respect de la liberté.

Cette loi, comme chacun sait, impose le partage légal entre les enfants, formule leur droit à l'héritage du père auquel on enlève la *liberté de tester*.

Oter au créateur d'une richesse le droit d'en disposer après sa mort, c'est porter une atteinte à la propriété qui, faisant de la transmission de la propriété une institution facile à transformer par un décret, engendre les folies des écoles socialistes qui prospèrent en France et qui n'ont jamais pu pénétrer en Angleterre ni en Amérique, pays où la liberté de tester a toujours fait de la succession des biens un droit privé, dans l'exercice duquel la personne fictive et envahissante de l'État n'a jamais eu à intervenir. Mais c'est surtout au point de vue du droit que cette question mérite d'être traitée.

Voulant demeurer au point de vue industriel, il importe d'insister sur l'influence de la loi de succession qui tend à la ruine des plus beaux établissements, dans les circonstances où leur succès est désirable dans l'intérêt général, à un nivellement destructeur de la hiérarchie sage, souhaitable chez une nation formée de citoyens libres et indépendants.

« L'organisation de la propriété et des familles de propriétaires varie, dit Leplay dans son grand et bel ouvrage la *Réforme sociale*, selon les lois de succession, avec beaucoup de nuances, entre deux types extrêmes qui impriment au corps social deux caractères essentiellement différents, soit en conservant, soit en détruisant la tradition.

« Dans le premier cas, tous les éléments du travail offrent une parfaite continuité. Chaque chef de famille se préoccupe de maintenir et d'accroître, par son activité et par sa prévoyance, le domaine rural, ou l'atelier d'industrie et de commerce qu'il a créé ou qu'il a reçu de son père. Désireux de le transmettre avec son nom et dans les meilleures conditions de succès à la génération suivante, il s'entoure, si Dieu bénit sa couche, d'une nombreuse postérité. Quand les atteintes de l'âge commencent à se faire sentir, il choisit, d'après les caractères et les aptitudes, celui de ses enfants qui lui paraît le plus digne ou le plus capable d'être associé à ses travaux. A l'aide des épargnes qu'il a faites et de celles qu'il réalise avec le concours de l'associé, il règle le sort de ses autres enfants de manière à assurer, autant qu'il est possible, à chacun une condition conforme à ses goûts et en rapport avec la situation de la famille. Parmi les garçons, les uns ayant terminé l'apprentissage de la profession, pourvus par leur père de la dot nécessaire à l'acquisition des instruments de travail, s'établissent dans les localités contiguës ou dans quelque autre région du territoire de la métro-

pole; d'autres recrutent l'armée ou la marine; d'autres enfin essaiment dans les colonies et y créent des familles fondées, comme celles d'où ils sortent, sur le travail et la vertu. (Chez les nations laborieuses, comme en Amérique, on se marie jeune et on s'établit jeune pour créer sa fortune; aussi l'aide au début, tant en argent qu'en conseils et en crédit, d'un père dans la force de l'âge, importe souvent plus que l'héritage qui sera recueilli bien plus tard.) Les filles demeurent dans la maison paternelle jusqu'à l'époque de leur mariage; celles qui ne se marient pas, de même que les garçons célibataires, restent groupées autour du chef de famille. Quand celui-ci est atteint par la mort, l'enfant qu'il s'est associé lui succède naturellement en continuant à exercer ses attributions ; en sorte que l'événement douloureux qui frappe la famille dans ses sentiments les plus chers ne compromet ni ses intérêts ni ceux de la propriété.

« Dans le second cas, les éléments du travail sont essentiellement discontinus. Le père n'a plus le pouvoir de conserver l'établissement qu'il a fondé, parce que tous ses enfants tirent de la loi le droit de s'en partager également les lambeaux. Cette intervention de la loi dans la vie privée y jette une instabilité qui offre, selon la condition des familles, des nuances diverses. Dans les conditions ordinaires, la prévoyance du père s'emploie à créer, pour la fin de sa vie, des moyens d'existence indépendants de l'établissement qu'il a fondé. Quand la vieillesse approche, il doit vendre son bien, son atelier ou sa clientèle, et il va, en général, jouir de sa fortune et de son repos forcé, au milieu des distractions des villes. Sachant que la source de prospérité de la famille sera promptement tarie par cette retraite prématurée, le père ne peut dans ce régime assurer le bien-être de ses enfants qu'en en limitant le nombre par une stérilité systématique. Ceux-ci suivent tous des carrières différentes de celle de leur père, dont le nom et la profession ne se transmettent plus simultanément. Aucun d'eux ne trouve dans le cours de sa carrière l'appui de la maison d'où il est sorti. Les époux, quand est venue la vieillesse, ont perdu leurs parents et ont vu leurs enfants s'établir tous au dehors du foyer domestique : ils sont donc condamnés à mourir dans l'isolement. La retraite du père avait déjà rompu brusquement les traditions du travail et de la prospérité ; la mort détruit complétement celles de la famille. »

On peut prétendre que l'auteur que nous citons préfère le premier système et le qualifier d'aristocrate, ce que ne manqueront pas de faire les écrivains jaloux d'acquérir une mauvaise popularité, mais ce qu'il faut bien remarquer, c'est que la constitution sur des bases solides de la famille, l'agrandissement des forces morales

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

les plus incontestées, pour donner à la société une stabilité fondée sur autre chose que les baïonnettes des soldats et l'activité de la police, peuvent seules faire reposer sur des bases solides la liberté que notre pays ne connaît pas comme il connaît l'égalité. La liberté de tester importe plus peut-être aux petits propriétaires qu'aux grands. Sans doute il est du plus haut intérêt qu'un père transmette à son fils sa grande exploitation, mais même après le morcellement, la position de ce fils sera encore belle le plus souvent. Mais le paysan qui n'a que sa cabane et le champ qui le fait vivre, que laissera-t-il à de nombreux enfants qui viendront partager son modeste héritage? La pratique répond : à peine de quoi payer les frais de toute sorte, inventaire, expertise, frais de vente, enregistrement, etc., etc., conséquence nécessaire de l'intervention du magistrat pour régler les droits nombreux qui s'élèvent sur le pauvre héritage. Toute la famille retombe dans la misère dont le père s'était affranchi, dont avec la liberté de tester il eût affranchi un fils qui, avec un meilleur début dans la vie, eût pu s'élever plus haut, rendre à ses sœurs des services plus importants que leur part d'héritage, nulle ou peu s'en faut.

La petite propriété qui affranchit une famille est le remède direct au paupérisme, au prolétariat, et on devrait regarder comme une organisation défectueuse celle qui ne voit pas s'améliorer, grandir cette petite propriété. Or, malgré son extension, on doit en France la regarder comme stationnaire aujourd'hui; à mesure qu'elle avance par les économies et le travail, elle recule par l'effet de la loi de succession. Rien n'est plus funeste que la destruction du petit édifice qui mettait à l'abri de la misère une famille.

Il est temps que la nation française s'arrête dans la voie de la jalousie qui depuis la révolusion a fait accepter toutes les lois pouvant gêner la forte constitution de la famille. C'est le rétablissement de la liberté de tester, la reconnaissance du droit pour chacun de disposer librement du fruit de son travail, qui, en écartant le socialisme de la loi civile, fera évanouir une hostilité toujours latente entre les diverses classes de notre société.

Au point de vue industriel il est manifeste, et prouvé, par l'exemple de l'Angleterre et de l'Amérique, que du jour où le créateur d'un grand établissement industriel pourra en assurer le succès futur en plaçant son successeur dans des conditions convenables, la grande industrie pourra prospérer dans notre pays comme la petite, qui sera toujours prédominante, mais qui a souvent besoin de trouver un point d'appui dans la grande.

On ne comprendra jamais assez en France, dit fort bien M. Jacqmin, combien est profonde la différence qui existe entre deux établissements,

dont l'un a amorti tout son capital de premier établissement et qui, chaque année, ne perfectionne et ne complète son outillage qu'avec une partie des bénéfices réalisés, et dont l'autre n'a rien amorti et souvent même a emprunté pour développer un atelier.

En Angleterre, l'industrie travaille avec un capital et un outillage amortis; en France, au contraire, l'industrie trop souvent supporte le fardeau de ce capital, et elle le supportera toujours de la même manière, par suite du partage incessant des héritages et de la liquidation permanente des industries. Comment amortir des établissements qui seront licités tous les quinze ou vingt ans?

On voit combien sont graves les réactions de la loi civile sur l'organisation industrielle, dont à première vue elle ne paraît pas s'occuper. Il en est de même des mœurs qu'elle fait naître, qui viennent modifier profondément la demande et par suite la production de divers articles. Nous le ferons bien sentir par la citation suivante d'un maître.

« Tout s'enchaîne et se tient dans la vie des hommes, dit avec une verve excellente M. Viollet Leduc, s'occupant du mobilier de nos pères; il serait illogique de demander aux familles du dix-neuvième siècle une perpétuité dans leurs meubles qui n'existe plus dans les mœurs. Les familles se dispersent aujourd'hui à chaque génération, après chaque décès, et nous ne pouvons raisonnablement demander à un chef de famille de meubler *sa maison* pour un temps illimité, puisque, lui mort, sa maison sera démembrée. Mais telle est la force des traditions, malgré les lois, malgré les mœurs, que nous voyons cependant chaque jour des hommes graves oublier qu'ils sont, au dix-neuvième siècle, à l'auberge leur vie durant, et qu'après eux un voyageur inconnu habitera leur chambre. »

La démonstration de l'action de nivellement, d'émiettement de toute une nation que produit le Code civil, a été faite d'une manière irréfutable par Napoléon, dans une lettre adressée, le 5 juin 1806, à son frère Joseph qu'il avait fait roi de Naples, pour lui montrer les moyens d'être maître absolu.

L'entretenant de duchés à créer dans le royaume de Naples et en Sicile, en faveur des grands dignitaires de l'Empire, il lui écrit :

« Ce ne sont que des titres; le principal est « le bien qu'on y attache; il faudrait y attacher « 200,000 livres de rente. J'ai exigé aussi que « les titulaires aient une maison à Paris, parce « que c'est là qu'est le centre de tout le système; « et je veux avoir à Paris cent fortunes, toutes « s'étant élevées avec le trône et restant seules « considérables, puisque ce sont des fidéicommis et que ce qui ne sera pas elles va se disséminer par l'effet du Code civil.

« Établissez le Code civil à Naples; *tout ce*

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

« *qui ne vous est pas attaché va se détruire en peu* « *d'années*, et ce que vous voudrez conserver se « consolidera. Voilà le grand avantage du Code « civil... Pour les actes de l'état civil, vous pou- « vez les laisser aux curés. Au moyen de ces « modifications, il faut établir le Code civil chez « vous; il consolide votre puissance, *puisque* « *par lui tout ce qui n'est pas fidéicommis tombe,* « *et qu'il ne reste plus de grandes maisons que* « *celles que vous érigez en fiefs. C'est ce qui m'a* « *fait prêcher le Code civil et m'a porté à l'éta-* « *blir.* »

Nous nous garderons de rien ajouter à ces paroles qui méritent d'être méditées par toutes les personnes qui savent que l'injustice ne saurait produire un bien durable.

5. — DE L'ABONDANCE DU TRAVAIL.

On a, avec quelque raison, reproché aux économistes de ne pas s'être assez préoccupés des causes d'arrêt, d'insuffisance de travail, qui engendrent pour les masses des souffrances poignantes. Cette étude est la contre-partie de l'analyse des causes d'abondance de travail, dont l'action paralysée ou l'absence produit l'effet inverse, la misère générale.

Chacun sait que, quand le travail abonde, le bien-être, le contentement est général chez tous ceux qui veulent travailler; les entrepreneurs s'enrichissent, les ouvriers gagnent de forts salaires; les contestations, s'il en naît entre eux et les patrons, sont sans gravité, lorsque les mœurs sont bonnes, les coutumes traditionnelles respectées.

La construction des chemins de fer, sous des gouvernements stables, nous a montré, il y a peu d'années, un exemple de grande abondance de travail qui a transformé nos sociétés, en faisant croître leurs richesses dans des proportions auparavant inconnues.

Nous avons dit sous des gouvernements *stables*, parce qu'en effet c'est en raison de la stabilité surtout, c'est en faisant régner l'ordre et la sécurité, que la politique réagit sur l'industrie, ou plutôt lui permet d'exister. Comment comprendre la fondation de grands établissements, la poursuite de longs travaux, les études patientes, lorsque le désordre est partout, que la guerre et l'incendie dévorent les richesses acquises, que les têtes exaltées entraînent les foules abusées à la poursuite de toutes les utopies?

Nous sortirions de notre sujet en en disant plus, et ce n'est pas aux hommes de notre génération qu'il est nécessaire de démontrer que les révolutions et le désordre général détruisent absolument l'industrie. Après la première révolution, on alla chercher en Angleterre les formes des pièces d'orfévrerie vendues auparavant par nos orfévres; non-seulement on ne retrouvait plus de modèles en France, mais on ne les con-

naissait plus, et il fallut réapprendre à les fabriquer en imitant les ouvriers anglais !

Inutile d'insister : il n'y a ni finances, ni industrie prospère sans bonne politique; il n'existe pas d'atelier laborieux sans ordre public ; si cet état dure, il s'agit alors d'une nation qui périt industriellement comme politiquement, et le remède n'est pas d'ordre industriel.

C'est d'une nation normale, vivant d'une vie régulière, gouvernée enfin que nous parlons, pour laquelle la folie politique n'est pas un obstacle absolu au progrès industriel.

Je citerai ici, d'après J.-B. Say, un curieux exemple de la trop minime importance attachée par les économistes à ces graves questions.

Say cite, dans son Cours d'Économie politique, un bien remarquable passage d'un ouvrage anglais (*Thompson's inquiry in to the distribution of wealth*) que je reproduirai, car il me paraît d'une admirable vérité :

« Comment se fait-il qu'une nation (l'Angle-
« terre) qui, plus qu'aucune autre, est pourvue
« de matières premières, de machines et d'ou-
« tils, d'habitations et de denrées; qu'une na-
« tion qui abonde en producteurs actifs et intel-
« ligents, et qui semble pourvue de tous les
« moyens de bonheur, se trouve (du moins pour
« ce qui regarde le plus grand nombre de ses
« enfants) exposée à plus de privations que d'au-
« tres nations beaucoup moins opulentes en ap-
« parence? Comment se fait-il que les fruits de
« son travail, d'un travail opiniâtre et fructueux,
« lui soient mystérieusement et constamment
« ravis, sans convulsions dans la nature, sans
« qu'on ait aucun reproche à lui faire? L'amour
« du travail, l'esprit d'entreprise, les connais-
« sances nécessaires se trouvent chez elle, tout,
« hors l'abondance. D'où vient ce contre-sens
« dans les affaires humaines? Que des tribus
« sauvages sans industrie, vouées à la paresse,
« manquent de tout, il n'y a rien là qui doive
« surprendre; mais qu'une société hautement
« productive soit privée de tout, c'est certaine-
« ment un fort étrange spectacle. »

Say répond timidement à cette question par l'impôt qui grève les salaires et les profits avec lesquels le travailleur peut acheter les produits.

L'explication n'est pas sérieuse : même avec de lourds impôts, le travailleur achète quand il a de l'ouvrage; mais sans impôts, quand l'ouvrage manque, avec quoi peut-il acheter? Say aurait bien senti le peu de valeur de son explication, s'il avait vu l'impôt reporté en Angleterre sur les capitaux et leurs revenus par l'*income-tax*, et la pratique du libre échange assurant la vie à bon marché, diminuer tout au plus quelque peu le paupérisme en Angleterre, agissant bien moins efficacement qu'une demande de travail considérable comme celle à laquelle la construction des chemins de fer a donné lieu.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

Un spectacle bien saillant, au reste, montre la même race anglo-saxonne aux États-Unis, en Australie, ignorant le paupérisme, augmentant chaque jour, avec une étonnante rapidité, ses richesses, malgré même les plus forts impôts, tels que ceux qui se payent aujourd'hui aux États-Unis, impôts de guerre conservés pour rembourser un milliard par an de leur dette!

Quel est donc l'élément capital qui différencie ces deux sociétés? Un seul, incontestable. Tandis qu'en temps de crise l'ouvrier anglais, qui n'est plus occupé dans une manufacture, n'a devant lui que la charité du workhouse, s'il n'a pas d'économies, l'ouvrier américain a à sa disposition les vastes prairies de l'Ouest, tout un continent d'une admirable fertilité, traversé par de grands fleuves assurant le transport facile et par suite la vente avantageuse des produits. Il peut, avec quelque énergie, toujours conquérir la propriété en créant les cultures qui assureront l'existence et le bien-être de sa famille.

En un mot, pour l'un, si le travail des fabriques s'arrête, il n'a pour subsister misérablement, malgré son énergie laborieuse, que la charité publique; pour l'autre, il n'y a ni misère, ni excès de population, ni jalousie de classes inégalement riches, et cela parce qu'il a toujours à sa disposition ABONDANCE DE TRAVAIL, une mine inépuisable de travail rémunérateur.

Grâce à cet élément, des sociétés nouvelles croissent en population, en richesses, avec une rapidité inconnue à nos vieilles sociétés, qui ne pourront éviter d'être rapidement dépassées qu'autant que le développement rapide et incessant du travail leur permettra de ne pas avoir besoin d'un élément fourni aux premières par la prodigalité de la nature.

Les économistes anglais, à la suite de Ricardo, établissent que le travail d'une nation est en raison de son capital (ce qui revient à en considérer l'emploi fructueux comme nécessaire), ce qui est loin d'être vrai; aussi ne peuvent-ils expliquer ni les temps de crise, ni les époques de prospérité, pendant lesquels une nation, munie d'un même capital, passe de la misère à la richesse, à l'abondance universelle. C'était bien en Angleterre que l'on devait s'étonner que la population des convicts de l'Australie s'enrichisse bien plus sûrement que celle des honnêtes et habiles ouvriers de ses manufactures !

Le malheur de nos vieilles sociétés est, faute d'emplois meilleurs, de gaspiller, de dissiper les excédants de capitaux dans les emprunts étrangers de pays insolvables (car dans les pays riches les économies des citoyens ont cet emploi immédiat), dans ces entreprises folles inventées par les lanceurs d'affaires dont le luxe scandalise et démoralise les nations. De là l'état stationnaire de sociétés qui ne s'enrichissent que quand le travail abonde dans leur sein, quand tout le monde produit des richesses par un travail éner-

gique, sollicité instamment quand celui-ci est possible.

Quel est le moyen de rester dans cet état, de le rendre normal? Évidemment il n'y en a pas d'autres que ceux qui font naître le travail; c'est leur développement, leur permanence qui peut le rendre constamment abondant.

L'abondance de travail n'est pas un fait fatal, mais le résultat le plus direct des efforts de l'intelligence humaine, et les recherches de tous les membres d'une société bien organisée tendent directement à la faire naître. Savants, inventeurs, entrepreneurs, ingénieurs, tout le monde doit y concourir, dans une société normale, que les hommes politiques protégent contre le désordre qui fait détruire les efforts de toute la tête de la société par les incapables et les misérables qui en souffrent le plus (Voy. INVENTION).

C'est au point de vue de l'accroissement incessant du travail que nous nous placerons ci-après dans la revue des institutions, des faits économiques en France; il est la condition du progrès.

Il est nécessaire de rappeler que de nos jours, lorsque les mouvements révolutionnaires, dans lesquels les ouvriers jouent le rôle principal, causent l'arrêt de l'activité sociale, ce sont eux qui, trop souvent, font naître les souffrances qu'ils ont à supporter. Le baron Louis disait, avec un sens profond, aux hommes politiques de son temps : « Faites-moi de la bonne politique, je vous ferai de bonnes finances; » on peut dire aussi sûrement aux ouvriers français : « Cessez de faire des révolutions, du désordre, et on vous garantira la prospérité industrielle, du travail bien payé pour tous. »

L'industrie française est aujourd'hui lancée dans une voie de prospérité telle, qu'elle seule peut s'anéantir elle-même. Si l'agitation des ateliers cessait d'effrayer les capitaux et de les détourner de nos usines; si les populations intelligentes, abandonnant d'absurdes rêveries, rentraient dans la voie du travail soutenu, et, par patriotisme, laissaient passer les folies des ouvriers étrangers sans les imiter, ni surtout les dépasser, notre développement industriel atteindrait de merveilleuses proportions.

La plus grande quantité possible de travail abondant et bien rémunéré, condition capitale de prospérité pour toutes les classes de la société, est obtenue à l'aide du concours de tous les efforts, de toutes les intelligences; c'est l'œuvre de tous les bons esprits d'un pays d'augmenter sans cesse la splendeur de son industrie, et c'est la gloire de certaines époques de voir se multiplier la richesse générale par le seul effet d'une grande découverte, d'une œuvre de génie. C'est ce beau spectacle qu'a donné l'invention de la machine à vapeur, qui a si justement immortalisé le nom de Watt; c'est ce que notre génération a ressenti incontestablement par suite de la construction des chemins de fer.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

Nous n'aurions rien à ajouter ici à la démonstration de l'importance capitale d'un travail sans cesse croissant, et de la nécessité de faire concourir les efforts de tous pour y atteindre, si nous n'avions à ajouter quelque chose sur les grands avantages que procure la réunion à l'action individuelle de celle de l'association générale de la nation, dont le concours est souvent, trop souvent même, réclamé dans notre pays, dans des conditions où l'intervention des ressources de l'association générale serait niée par les Anglo-Saxons. C'est la question que nous voulons examiner ici; c'est, si l'on veut, pour parler le langage du jour, déterminer jusqu'où peut s'étendre, en France, le *socialisme* de bon aloi (Voy. ACTION).

Notre nation possède une ardeur qui lui fait désirer atteindre de suite tout but nettement défini. Plus peut-être que toute autre nation (surtout moins méridionale), elle a un besoin très-grand de vie nationale, d'effort fait par la nation entière, associée pour atteindre un but qui l'enthousiasme; besoin qui se réveille le plus vivement au moment où il paraît endormi. Certes, ce sentiment a été souvent funeste à la liberté, qui ne naît que du respect des droits qui paraissent gêner les aspirations du moment, et de ce besoin de vie nationale résulte l'immixtion trop fréquente du gouvernement, qui en est l'expression, dans les questions industrielles; car il ne faut pas oublier que cette intervention ne peut s'effectuer qu'à l'aide des ressources fournies par l'impôt, avec toutes les lenteurs de la machine administrative. Mais si l'action de la grande association que forme la nation tout entière n'est pas toujours bien utilisée, si elle n'est que secondaire relativement à la masse de travail qu'engendre l'initiative individuelle, on ne saurait nier qu'elle peut quelquefois être profitable pour accomplir rapidement de grands progrès, exigeant des sacrifices trop lourds pour les forces de l'individu, ne lui offrant pas une assez grande chance de bénéfices, et cela dans notre pays plus que dans tout autre; elle répond aux instincts de la nation, à sa fougue logique pour atteindre immédiatement ce qui lui paraît être un progrès.

Le principe rigoureux du droit de l'intervention de l'État a été établi par Bastiat, avec une lucidité parfaite.

« Quelles sont les choses que les hommes ont le droit de s'imposer les uns aux autres par *la force?* Je n'en sais qu'une dans ce cas, c'est *la justice*. Je n'ai pas le droit de *forcer* qui que ce soit à être religieux, charitable, instruit, laborieux, mais j'ai le droit de le *forcer* à être *juste*, c'est le cas de légitime défense.

« Or, il ne peut exister, dans la collection des individus, aucun droit qui ne préexiste dans les individus eux-mêmes. Si donc l'emploi de la force individuelle n'est justifié que par la légi-

ECONOMIE INDUSTRIELLE.

time défense, il suffit de reconnaître que l'action gouvernementale se manifeste toujours par la force pour en conclure qu'elle est essentiellement bornée à faire régner l'ordre, la sécurité, la justice. »

Adam Smith avait ajouté ceci à la mission du gouvernement : « L'État doit ériger, entretenir certains établissements utiles au public, qu'il n'est jamais dans l'intérêt d'un individu ou d'un petit nombre d'individus, de créer ou d'entretenir pour leur compte, par la raison que les dépenses occasionnées par ces établissements surpasseraient les avantages que pourraient en retirer les particuliers qui les soutiendraient à leurs frais. »

En admettant que le droit strict soit dans le principe établi par Bastiat, nous croyons utile à la société d'admettre une extension qui va nous ramener bien près du point de vue d'Adam Smith.

Le gouvernement est-il seulement un gendarme, pour appliquer la force et faire respecter le droit absolu? N'a-t-il du rôle de père de famille, souvent attribué au prince, que le droit de répression?

La charité n'est-elle pas un devoir qui impose de lourdes charges à la société, et est-ce bien raisonner que de limiter la prévoyance sociale à nourrir l'indigent au lieu de tendre à l'empêcher de tomber dans la misère? à éviter le paupérisme? Mais il y a plus, la justice elle-même règne-t-elle dans une société, si, malgré tous les efforts du génie, un homme ne peut s'élever au degré où son mérite doit le placer? Sans doute, nous répondront les économistes, cela ne serait pas si tous les obstacles, tous les monopoles, tous les priviléges disparaissaient; cela n'est pas certain, et nous verrons que c'est surtout la consécration des justes monopoles que peut se créer la capacité, qui peut fournir le remède.

Certes, le correctif le plus énergique, le seul vraiment efficace, réside dans l'activité, l'énergie, l'ambition légitime de populations soutenues par une confiance fondée dans les bons résultats de leur travail. Nous voyons ce spectacle en Amérique et ce doit être notre modèle. Mais encore, subsidiairement, est-il conforme aux tendances de notre temps de faire peser l'influence de l'association de tous, en certains cas, du côté des personnes déshéritées de tous avantages antérieurs, non pour nuire à ceux qui possèdent déjà, mais pour faciliter le succès à ceux qui s'efforcent de parvenir; d'aider, en un mot, non au partage de la richesse existante, que considèrent seule presque tous les réformateurs, mais à la création de la richesse nouvelle au profit de la partie la plus intelligente, la plus énergique, la plus active de la nation. C'est ainsi qu'on peut espérer faire jouir une société de tous les bénéfices de la liberté, en conservant cependant une organisation appropriée à une race qui demande des institutions spéciales. N'y eût-il pas justice absolue que les classes élevées ne réclameraient pas, si, lorsqu'elles profitent pleinement de l'organisation sociale pour la jouissance de leurs richesses, des sacrifices leur étaient demandés pour aider les classes inférieures à s'élever, avec la nation tout entière, au bien-être et à la prospérité.

Nous avons vu, dans ces dernières années, l'Angleterre, ce pays d'aristocratie nobiliaire et commerciale, en même temps que de liberté, s'avancer dans cette voie : elle a su proclamer une formule généreuse adoptée par tous les partis, grâce à l'initiative de son grand ministre, sir Robert Peel ; cette formule, c'est *la vie à bon marché*. Cela veut dire que les classes élevées, prenant pour elles la majeure partie des charges sociales, veulent que les classes inférieures n'aient que les avantages d'une société bien organisée, et notamment que les substances nécessaires à la vie soient à aussi bas prix que possible. C'est cette direction des idées qui, réconciliant en quelque sorte toutes les classes de la société, a préservé cet heureux pays de toutes les révolutions qui ont bouleversé l'Europe; c'est une semblable satisfaction que tous les gouvernements intelligents doivent procurer à leurs peuples.

Faveur aux classes inférieures pour ce qui est nécessaire au développement de l'intelligence, à la satisfaction des besoins légitimes, à la facilité de la vie; encouragement aux progrès difficilement réalisables par la seule initiative individuelle, telles sont les tendances qui seront admises par tous les bons esprits.

A ce point de vue, comme à beaucoup d'autres, un grand développement de l'instruction primaire pour tous les enfants, poussée assez loin pour les plus capables, est de première importance, comme nous l'établirons plus loin. C'est surtout l'œuvre des municipalités.

Ce qui est surtout la mission de la haute administration, c'est d'aider par tous les moyens à la splendeur de l'enseignement supérieur, au progrès des sciences sur lesquels reposent les progrès de l'industrie et les inventions qui constituent un élément capital de l'abondance de travail.

C'est là le domaine des sciences appliquées. L'étude scientifique des questions industrielles est rarement faite par l'industrie privée, surtout quand elle est divisée en petits établissements dirigés par des praticiens, quand elle n'est pas concentrée dans de grandes usines pouvant s'attacher des ingénieurs; cette étude qui est le point de départ de tous les grands progrès peut souvent être faite avantageusement par des savants et des ingénieurs payés par la communauté. On connaît les services considérables rendus par les ingénieurs des ponts et chaussées et les ingénieurs des mines; pourquoi des ingé-

nieurs agricoles, des ingénieurs des arts et manufactures ne seraient-ils pas aussi utiles? L'intérêt personnel fait bien suivre de nouvelles routes, quand elles sont connues, mais c'est le progrès scientifique qui les révèle. C'est une vérité démontrée par bien des pages de cet ouvrage.

Encourager le progrès de la science industrielle, exciter les inventeurs, fournir aux savants toutes les ressources désirables, c'est une mission du pouvoir social qui ne sera pas contestée. C'est la culture de la science qui conduit à ensemencer et fait espérer les plus belles récoltes; c'est la culture des sciences appliquées, l'établissement de la théorie des fabrications complexes, qui fait naître des collaborateurs capables d'assurer la moisson.

Dans toutes les directions la vérité est pour nous dans une limite restreinte, secondaire, d'encouragement, respectant la liberté, c'est-à-dire l'exercice entier du droit, n'agissant jamais par la substitution de l'administration aux individus, mais par l'aide prêtée aux progrès profitables à tous, indiqués par les plus belles intelligences, par l'initiative des hommes les plus éminents. Les gouvernants n'ont pas des aspirations meilleures que celles des gouvernés; mais ils disposent des ressources de l'association nationale, ce qui fait que ce n'est que par leur concours que peuvent se réaliser certains progrès non profitables industriellement ou à terme trop éloigné, et qui par suite échappent à l'initiative individuelle.

C'est au reste ce qu'ont toujours fait, dans certaines limites, les gouvernements des pays où l'on est le plus soucieux des prérogatives de la liberté d'action la plus entière.

Prenons nos exemples dans le pays où le gouvernement est, par système et par conviction, le plus étranger aux affaires industrielles, où il lui serait le moins permis, par les mœurs et l'esprit public, d'entraver les spéculations individuelles, et laissons de côté les grandes entreprises de Colbert, la France traversée de routes sans péage, la construction du canal du Languedoc, et autres créations qui ont fait un temps de la France la première des nations. En Angleterre, sans parler de l'œuvre si importante qu'on a su réaliser, de fonder sur de larges bases l'enseignement en général, et notamment celui de l'art industriel, le gouvernement, suivant la voie d'encouragement aux industries souffrantes ou nouvelles, a avancé plus de deux cents millions à l'agriculture, au moment où il en diminuait les profits par l'abolition des droits d'entrée sur les grains étrangers, a prêté plus que cette somme pour aider les propriétaires à drainer, dessécher leurs terres. Dans une autre voie, lorsqu'il s'est agi de relier tous les pays transatlantiques avec l'Angleterre par de grandes lignes de bateaux à vapeur, le gouvernement s'est empressé

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

d'encourager par de puissantes subventions ces grandes entreprises, aujourd'hui la gloire de l'Angleterre et un de ses plus puissants instruments de supériorité. C'est ainsi notamment que la compagnie Cunard, qui exploite la ligne de l'Amérique du Nord, reçut de sir Robert Peel une subvention de plusieurs millions. Les Américains ont depuis essayé de lutter, et c'est avec des subventions du congrès qu'ils l'ont tenté. Ainsi, une entreprise qui réalisait un progrès immense, mais qui ne pouvait être profitable commercialement, a reçu de ces gouvernements les encouragements qui l'ont rendue possible. Nous pourrions encore citer le plus grand établissement de crédit du monde, la banque d'Angleterre, si intimement mêlée au gouvernement anglais qu'elle en forme un rouage.

En France, le mode d'intervention par encouragement a été fréquent et a fourni de beaux résultats qui n'ont jamais été accompagnés d'inconvénients souvent reprochés à d'autres modes d'intervention, par lesquels trop souvent on a entravé l'essor de l'énergie individuelle. En effet, si l'on a pu bien souvent exalter à juste titre quelques œuvres dues au pouvoir royal en France, on ne peut nier qu'il ne soit arrivé trop souvent à ce gouvernement d'avoir apporté de réels obstacles au développement de la prospérité générale. Mais ici nous ne parlons que de mesures bienveillantes ; et nous ne pouvons songer qu'à une action (dont il ne faut pas au reste trop s'exagérer l'importance, car celle-ci est peu de chose relativement à la masse totale du travail d'une nation industrieuse) qui ne porte pas atteinte à la liberté des citoyens, en un mot à celle dont la formule sera avant tout: ENCOURAGEMENT. La société grandirait ainsi plus rapidement, au plus grand profit de tous, que si tout encouragement était interdit.

Nous ne donnerons ici qu'un seul exemple de ce mode d'action.

L'Algérie nous montre un cas où les efforts individuels du laboureur sans capital ne peuvent mener qu'à la misère. Avec l'assistance de quelques travaux préparatoires assurant la première récolte, on pourrait sans doute y renouveler les merveilles du temps où elle était le grenier de l'Italie et offrir à notre pays quelques-uns des avantages que les États-Unis trouvent dans leurs prairies de l'Orient et qui constituent peut-être le principal élément de leur prospérité et de leur tranquillité.

Croit-on que si, au lieu de faire la guerre de 1870, le malheureux Napoléon III eut fait dépenser les 10 milliards qu'elle a coûtés à convertir la vallée de la Loire et celle du Rhône en vallées du Nil, en créant par des travaux exagérés, si l'on veut, d'immenses canaux d'irrigation, la France n'eût pas atteint un admirable développement de richesse?

LIMITATIONS DE LA CONCURRENCE DANS L'INDUSTRIE FRANÇAISE.

Nous avons vu que les droits qui limitent la concurrence et qui embrassent toutes les restrictions apportées à la liberté illimitée, au libre parcours de l'industrie, qui sans aucune restriction serait le vol et le pillage, qui, justes ou injustes, constituent par suite l'économie réelle de l'industrie, pouvaient se diviser en trois classes:

1° *Les droits personnels*, résultat du libre travail de chacun, en raison de la diversité et de l'inégalité des facultés individuelles, du plus ou moins d'énergie dans le travail. C'est la manifestation de l'essor de l'intelligence et de l'énergie de chacun, qui se traduit industriellement par l'exercice d'une industrie, par l'invention.

2° *Les droits de propriété*, résultant de l'appropriation du sol et des capitaux, des machines, des ateliers, par ceux qui les ont construits, et qui, à un certain degré de développement, produisent l'organisation des grands établissements, des puissantes manufactures.

3° *Les privilèges légaux*, qui ne subsistent qu'à l'aide des obstacles mis à la concurrence de tous par la législation.

Ce sont ces questions qu'il nous reste à traiter, non pas d'une manière générale et naturellement un peu vague, quand on demeure dans les spéculations d'ordre algébrique qui constituent les généralités de l'économie politique, mais au point de vue de l'industrie française; en appliquant des principes vrais, indiscutables à notre nation, telle qu'elle se comporte, avec ses qualités et ses défauts; car, ainsi que nous l'avons déjà répété, l'économie industrielle, comme la politique, devra toujours être traitée en vue de son application à une nation déterminée; l'étude purement abstraite mène toujours à l'utopie.

I. — DROITS PERSONNELS.

1° LIBRE EXERCICE DE L'INDUSTRIE.

Nous n'avons pas ici à traiter de la liberté du travail; c'est l'emploi le plus sacré de la liberté des citoyens que de se livrer au travail qui leur convient le mieux, d'être des membres actifs, laborieux et utiles à la société, en manifestant leur personnalité par l'organisation spéciale de leur atelier. Ils emploient leur intelligence, usent leur vie à produire de la manière qui leur paraît la plus convenable, à construire un édifice qui est leur œuvre propre; tous ont le droit le plus incontestable à recueillir les fruits de leurs efforts, de leur travail. Ce résultat de leurs travaux est

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

ce qu'il y a au monde de plus sacré, et dans une société libre, organisée en vue de protéger le libre travail de chaque citoyen, la seule limite que doivent rencontrer leurs efforts, c'est la concurrence de rivaux qui tendent à les dépasser en habileté. Il n'y a rien, dans tout cela, qui ressemble à quelque chose de contestable.

Nous ne traiterons pas ici des inconvénients de la liberté, du mal que peut causer à d'habiles producteurs un fou qui se jette mal à propos dans une industrie pour y dépenser beaucoup d'argent. Le remède est dans les mœurs et les progrès de l'intelligence commerciale qui éclaire sur des entreprises folles. C'est une des charges de la liberté, mais elle n'est pas assez lourde pour devoir faire désirer la privation de la liberté et de la nomination d'un fonctionnaire chargé de penser, de juger, de vivre pour nous.

Nos pères avaient cru à tort que la liberté du travail était incompatible avec des institutions protectrices pour les ouvriers, rendant justice à leur habileté, à leur moralité. Nous avons montré qu'elles pouvaient exister parfaitement sans violer les droits les plus légitimes.

C'est surtout par des considérations de soi-disant utilité générale, qu'on voit aujourd'hui, dans notre pays, limiter le nombre des individus pouvant exercer certaines industries.

LOIS RESTRICTIVES DU NOMBRE DES ENTREPRENEURS.

Nous ne chercherons pas à prouver quelle fausse route on suit en cherchant à limiter le nombre des individus qui exercent certaines professions, limitation que nous avons vu exister à Paris, il y a quelques années, pour les bouchers, les boulangers, etc. Le gouvernement a reconnu lui-même les mauvais résultats de monopoles qu'il a dû supprimer. Il est bien évident qu'à moins qu'une industrie ne soit nuisible à toute la société, son exercice ne saurait être interdit, sans violer les droits de ceux qui auraient pu trouver dans la route que vous barrez, le succès qui eût été la récompense de services rendus. Ces principes sont trop évidents pour qu'il y ait lieu d'insister; il vaut mieux montrer les inconvénients inhérents à une réglementation semblable, à propos d'une industrie pour laquelle la limitation a subsisté jusque dans ces derniers temps, et que l'on pensera sûrement à rétablir, grâce à quelques sophismes auxquels personne ne croit plus, mais qui donnent à ceux qui les profèrent une apparence de profondeur. Je reproduirai ici les conclusions de mon rapport comme juré de la classe 28 à l'Exposition de 1862, pour montrer, dans un cas particulier, tous les avantages que peut procurer la suppression d'une réglementation abusive.

Des moyens d'assurer en France un grand développement aux arts graphiques. — La prospérité des arts graphiques comme celle de toutes

les industries, réclame des débouchés croissants, l'augmentation incessante de la consommation. Quels sont donc les moyens à employer pour stimuler la demande des produits de l'intelligence que la typographie et les arts qui en relèvent mettent à la disposition du public?

Nous remarquons, tout d'abord, qu'en France, le nombre des consommateurs n'est pas en rapport avec le chiffre de la population, en dépit des incontestables progrès et de l'extension prise par l'enseignement public. Est-ce insuffisance générale des lumières, apathie intellectuelle momentanée chez la nation qui se flatte d'être à la tête de la civilisation? Les relevés les plus dignes de foi constatent que le tiers des soldats appelés à la conscription ne savent pas lire; nous pouvons conclure de ce renseignement qu'une partie de la population française reste en dehors du mouvement de la civilisation, et que, par suite, la classe vouée à la production intellectuelle ne trouve pas dans le pays des conditions d'échange en harmonie avec son activité.

On ne peut se dissimuler qu'il reste beaucoup à faire en France pour vulgariser les notions indispensables au développement de l'esprit, qu'il ne suffit pas de savoir lire pour comprendre même les livres élémentaires, que l'enseignement primaire est trop incomplet pour dégrossir la pensée et la préparer à une culture suivie. Il y a sans doute à remédier à divers défauts et à combler bien des lacunes dans l'enseignement (et des efforts gigantesques ont été faits dans cette voie depuis que ceci a été écrit); mais rien ne peut contribuer plus utilement à atteindre le but, que tout ce qui tend à favoriser et exciter le goût de la lecture, le plus puissant moyen d'apprendre plus et de conserver les connaissances acquises chez ceux qui possèdent déjà les premières connaissances élémentaires; or il est facile de reconnaître qu'il y en France une foule d'entraves au développement de ce goût.

De quelle nature sont ces entraves? Nous ne voulons nous en occuper qu'au point de vue des intérêts de l'industrie; nous voulons parler de brevets nécessaires pour l'exercice de ces industries délivrés par le gouvernement, plus ou moins coûteux ou difficiles à obtenir. Il en résulte qu'il n'y a en France que trois mille libraires pour trente-six mille communes. Moins d'un libraire pour dix communes! D'où il suit que les trois quarts de la population française n'ont pas même les moyens de connaître les publications les plus utiles, et que, par suite, le désir de la consommation des livres ne peut naître, faute d'occasion, pour la majorité des Français.

Les brevets de libraire et d'imprimeur attaqués ici ont été détruits depuis notre rapport, et nos efforts n'ont pas été sans quelque utilité pour atteindre ce but; nous n'avons pas à insister davantage. Il faut dire que les progrès de la diffusion des livres utiles n'ont pas été

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

aussi considérables qu'on pouvait l'espérer; les journaux ont plus profité que les livres de l'accroissement du nombre des libraires; l'activité des libraires détaillants a été trop modérée. C'est une nouvelle classe de vendeurs, les placiers, les voyageurs visitant les consommateurs, qui ont su trouver de nouveaux débouchés, surtout avec la condition d'acomptes mensuels.

CONCURRENCE DE L'ÉTAT.

Une concurrence qui ne doit jamais rencontrer le citoyen se livrant à la pratique d'une industrie, c'est celle de l'État, qui n'est pas un être réel, ayant une existence propre, mais seulement la réunion des forces du pays dans un tout autre but que de monter des fabriques. Nous prendrons la liberté d'emprunter ce qui suit à une lettre que nous avons publiée en 1849, à propos d'une injuste création de cette nature, du développement de l'Imprimerie nationale.

« L'intervention de l'État dans une industrie est-elle juste? N'y a-t-il pas à première vue quelque chose de souverainement choquant à voir l'État se constituer, autant qu'il lui est possible, une existence propre, tout en dehors de la nation, exciter la jalousie des citoyens dont l'affection est sa force, et cela en causant leur ruine là où, avec une administration plus paternelle, ils eussent rencontré le succès.

« L'État a besoin de drap, de toile, de pain pour les troupes; fabrique-t-il du drap, de la toile, cultive-t-il des terres? Il a besoin de papier pour ses administrations, fabrique-t-il du papier? En un mot, cherche-t-il à constituer une nation officielle, entretenue, payée par une autre nation taillable et corvéable à merci? Non, les difficultés de l'exécution l'ont arrêté probablement; en tout cas, on n'a pas créé un grand nombre de ces établissements publics fabriquant les mêmes produits que ceux de l'industrie privée; l'État s'est, en général, borné au rôle de consommateur en raison de ses besoins.

« Pourquoi donc en est-il différemment de l'imprimerie? pourquoi l'État imprime-t-il lui-même pour ses administrations au lieu de demander à l'industrie privée l'exécution de ses impressions, comme il l'a fait si longtemps?

« Étudiez toutes les réponses qui seront faites à cette question, et vous ne rencontrerez personne qui dise: cela est juste; on vous répondra: cela est utile, cela est économique. Nous verrons bientôt à quoi se réduisent ces prétendus avantages; mais fussent-ils réels, il importe peu, s'ils sont contraires à la justice. Quoi! il serait licite de faire payer à des citoyens des contributions, et à l'aide de l'argent récolté, de fonder des établissements venant battre en brèche les établissements qui font vivre ces contribuables? N'est-ce pas faire précisément ce qui a été si justement reproché aux prédications du Luxembourg, et aux ateliers nationaux de M. L. Blanc? Et n'est-ce pas causer aux industriels ainsi attaqués un dom-

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

mage considérable (bien plus grand dans l'imprimerie que dans toute autre profession), que de les priver du plus important, du plus solvable de tous les consommateurs, du gouvernement, qui n'est pas, que nous sachions, créé et payé pour tisser du drap, de la toile, imprimer ou fondre des caractères, mais pour faire respecter le droit de chacun, faire triompher la justice?

« Une anecdote relative à notre sujet indiquera les vrais principes.

« Dans les dernières années de la restauration, le roi Guillaume des Pays-Bas (dont la fermeté, l'entêtement si l'on veut, sont célèbres), prodiguait les encouragements et les franchises à l'imprimerie, qui, grâce à la contrefaçon surtout, se développait à Bruxelles avec une merveilleuse rapidité.

« Jaloux d'assurer le développement d'une industrie qui occupait une place importante au milieu de toutes celles qu'il cherchait à faire naître, il eut l'idée de créer une imprimerie royale qui pût en rehausser la célébrité. A cet effet, il acheta pour la somme de 400,000 francs, le plus bel établissement d'imprimerie de France, celui de Pierre Didot, accru par son fils J. Didot.

« Ce matériel rencontra la Révolution à Bruxelles, fut mis sous le séquestre, et enfin, à la conclusion de la paix, rendu au roi Guillaume.

« Il entreprit alors de réaliser son projet, fit à cet effet construire à La Haye de superbes ateliers, et appela des Français fort capables pour diriger les diverses branches de la fabrication.

« Quand tout fut prêt, le directeur vint solliciter l'autorisation du roi afin de se faire adresser par les divers ministères des impressions qui donnassent la vie à ces beaux ateliers, et des ordres furent donnés en conséquence.

« Aussitôt les imprimeurs d'Amsterdam se présentèrent devant le roi pour lui soumettre leurs réclamations. En vain il les assura qu'il ne voulait pas gêner leur industrie, qu'il désirait fonder pour la gloire de la Hollande un établissement qui rappelât l'époque des Elzévires, il ne put les convaincre. « Cet établissement, lui dirent-ils, fera concurrence aux nôtres, et une concurrence ruineuse. Pourquoi tel est-il un citoyen éminent? c'est que son établissement, qui a dans sa clientèle le ministère des colonies, est prospère, et qu'il peut consacrer au pays une influence à l'abri des sinistres; pourquoi tel établissement a-t-il pu se développer? c'est qu'il réussissait grâce aux impressions de plusieurs administrations publiques. Avec quoi payerons-nous nos impôts si l'État nous ruine? Laissez-nous donc nous efforcer de remplir honorablement nos devoirs de citoyens et de pères de famille, et contentez-vous, sire, d'être le roi de sujets heureux et riches. »

« Le roi Guillaume, contrarié, mais vivement frappé de leurs observations, trop bon commerçant pour ne pas en apprécier la justesse, prit bientôt son parti, et leur souhaitant de continuer à demeurer de bons et d'utiles citoyens dont la prospérité lui était chère, déclara se contenter du métier de roi et renoncer au métier d'imprimeur.

« Le lendemain, le matériel était rentré dans les caves, d'où il n'est sorti plus tard que pour être vendu aux enchères, et l'imprimerie royale avait cessé d'exister. Heureux pays, que celui dont les chefs ne font pas consister la gloire dans la splendeur de l'administration et de la nation officielle, mais dans la prospérité de tous les citoyens!

« C'est depuis que ce récit nous a été fait que la lumière s'est faite dans notre esprit, que nous avons compris combien était fâcheuse et injuste cette intervention abusive de l'État dans une industrie.

« Que dans un pays débutant à peine dans la carrière industrielle, un despote crée, avec avantage pour la nation, des manufactures privilégiées, cela est possible ; mais, dans tout pays où l'industrie est avancée et prospère, une semblable institution n'est pas défendable. C'est par des encouragements bien entendus que le gouvernement peut agir sur les progrès de l'industrie, jamais par l'accaparement, jamais en faisant concurrence à l'industrie privée, jamais en se séparant volontairement de la nation.

« *L'industrie privée peut-elle produire à aussi bon marché que l'Imprimerie nationale?* Un mot maintenant sur les objections des partisans de l'Imprimerie nationale, qui ne sont pas des Aristides, et font bon marché de la justice. Ce n'est pas à nous à démontrer combien sont illusoires les prétendus avantages qu'offre l'imprimerie de l'État ; les imprimeurs de Paris ont bien su les réduire à leur juste valeur. Répondons seulement à l'objection la plus grave et la plus répétée, celle du bon marché, et voyons de quel poids elle est, si elle supporte l'examen et si elle peut être mise en balance avec le droit et la justice.

« Le prétendu bon marché de l'Imprimerie nationale résulte d'un arrangement bien simple, avec lequel on met en déroute les investigations qui pourraient contrarier les projets d'envahissement des administrateurs de cet établissement. Cet artifice consiste à compter certains articles très-bon marché et à en faire payer d'autres beaucoup trop cher, de telle sorte que telle collection de savants ouvrages coûte un prix fabuleux, et que telle administration, dont les impressions ont été enlevées récemment à l'industrie privée, paye fort bon marché.

« Qui n'a pas rencontré quelque jeune savant gratifié de moitié des frais d'impression d'un ouvrage, et se plaignant que la seconde moitié des frais lui coûtât bien plus cher que ne lui eût coûté l'impression de l'ouvrage entier par l'industrie privée!

« Mais sans discuter des appréciations qui peuvent être taxées d'exagération, la possibilité pour

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

l'imprimerie de produire à aussi bon marché que l'Imprimerie nationale résulte clairement du principe évident, qu'il y a pour tout imprimeur qui a des frais généraux fixes et des travaux extrêmement variables par leur nature même, qui, en général, se refusent à toute fabrication faite à l'avance, bénéfice considérable à entreprendre, à prix coûtant, les travaux réguliers, prévus à l'avance, d'une grande administration.

« Mais, dira peut-être une personne étrangère à la typographie, le prix coûtant n'est-il pas moindre à l'Imprimerie nationale ? Comment cela pourrait-il être? La principale partie de la dépense, le salaire des ouvriers, y est le même, et s'il y a économie possible par leur bonne direction, certes l'homme mû par son intérêt privé y réussira mieux que pas un administrateur, quelque habile qu'il soit.

« Les moyens de production de l'Imprimerie nationale étant en tout les mêmes que ceux de l'industrie privée, d'où viendrait l'économie? Ce n'est pas de la composition, les ouvriers compositeurs n'y sont pas différents de tous les autres; ce n'est pas du tirage, puisqu'on n'employait tout récemment que les presses à bras et pas de machines, c'est-à-dire que le prix de revient des tirages était et est encore, pour la plus grande partie des impressions, trois fois plus élevé que dans le premier atelier venu possédant deux ou trois presses mécaniques.

« Le seul refuge des défenseurs est que l'on conserve beaucoup de formes. Mais c'est là encore une mauvaise plaisanterie, faite toujours dans la supposition erronée, Dieu merci! qu'en dehors de l'administration il n'existe que des misérables incapables de faire la moindre dépense immédiate en vue d'un bénéfice futur. Est-ce que l'industrie privée ne conserve pas des modèles pour les administrations privées, celles des chemins de fer, par exemple? Qu'on aille donc visiter les imprimeries qui font ce genre de travaux, et on trouvera des quantités énormes de modèles conservés; les imprimeurs savent parfaitement qu'il y a avantage à garder la composition d'un modèle destiné à repasser sous presse, pour des administrations qui se gardent bien de payer une nouvelle composition pour chaque tirage. Ce système est pratiqué depuis longtemps par tous les imprimeurs, et ils n'ont rien à apprendre à cet égard.

« Enfin, l'Imprimerie nationale n'a pas de loyer, n'a pas d'intérêt de capitaux à compter. C'est là une des causes apparentes d'un bon marché qui n'a rien de sérieux. Parce qu'on a logé gratuitement dans un hôtel valant un ou deux millions, un matériel coûtant pareille somme, à qui voudra-t-on persuader que l'État retire un bénéfice en ne comptant pas les intérêts de ces capitaux, lorsque d'un autre côté il les réalise par des emprunts dont il paye fort exactement les intérêts à l'aide des impôts?

« C'est donc, en réalité, l'appoint de l'impôt qui peut causer une diminution dans les frais; mais, en vérité, ce n'est pas sérieusement qu'on cite un tel avantage.

« Qu'on laisse donc de côté une objection sans valeur; grâce à l'aiguillon de l'intérêt personnel, l'industrie privée fera à meilleur marché que l'industrie gouvernementale, dans ce cas comme dans tous les autres. Voilà ce qui est certain.

« *De l'utilité de l'Imprimerie nationale*. L'utilité de l'Imprimerie nationale est admise par quelques personnes, dans trois cas : pour les impressions secrètes, pour les produits de très-grand luxe, enfin pour les impressions en caractères orientaux. Disons franchement toute notre pensée à cet égard ; elle s'éloigne de celle de beaucoup de gens timides, car nous croyons, même dans tous ces cas, l'Imprimerie nationale complétement inutile.

« Pour les impressions secrètes, en supposant que l'on éprouve la nécessité d'impressions mystérieuses, c'est une singulière méthode que de les confier à un atelier composé de trois cents ouvriers. Je comprendrais que, comme à la Banque de France, on établît, au ministère de l'intérieur, des presses et un atelier de trois ou quatre compositeurs, hommes de choix, parfaitement sûrs, tenant à une position avantageuse; mais, en dehors d'une semblable combinaison, le secret est illusoire, n'existe pas, n'est pas possible.

« Les impressions de luxe sont rares à l'Imprimerie nationale, et la presque totalité de ce qu'il s'y fait est notablement inférieur aux meilleurs produits du commerce. Cela est incontestable. En quels points pourrait-elle prétendre à la supériorité? Est-ce pour les impressions en couleur? Que l'on compare ce qu'a fait Silbermann de Strasbourg, n'employant que ses ressources privées, avec ce qu'a fait l'Imprimerie nationale, et l'on verra où est la supériorité. Est-ce pour les ouvrages de mathématiques surchargés de formules? Que l'on compare le Monge que M. Bachelier a publié à ses frais avec les œuvres de Laplace, imprimées aux frais de l'État, et qui n'ont eu pour effet que de faire augmenter le prix de la première édition, exempte des fautes que renferme l'édition officielle.

« Enfin, le terrain le plus solide aujourd'hui pour la défense, ce sont les caractères orientaux. Qui en gravera, dit-on, si l'État ne s'en charge? D'abord, l'industrie privée n'est pas aussi misérable qu'on veut bien le dire, et, en plusieurs points, elle est fort supérieure à l'État. Nous citerons les grecs Didot, les seuls adoptés par la Grèce moderne et employés pour tous les beaux ouvrages grecs de l'Europe ; les caractères arabes que l'on trouve chez les fondeurs qui les ont fournis aux imprimeries de l'Algérie; les caractères chinois, qu'un graveur a osé entreprendre de graver sur acier sans le moindre concours officiel, travail immense devant lequel on avait toujours reculé.

« Mais il y a mieux, c'est que l'industrie privée, loin de trouver un bienveillant concours dans le gouvernement, est arrêtée par l'Imprimerie nationale. Comment espérer un débouché raisonnable pour un caractère qui ne peut servir que pour quelques savants, lorsque l'État se charge de le graver aux frais des contribuables, plus ou moins disposés à faire cette dépense?

« A Leipzig, en Angleterre (pays où l'idée d'une imprimerie royale n'a jamais pu venir à l'esprit de personne), la fonderie privée a créé des caractères sanskrits, des hiéroglyphes, etc. ; ici l'Imprimerie nationale a empêché d'en créer.

« On confond, en général, deux choses bien distinctes : les encouragements donnés aux savants, aux publications qui honorent notre pays, et l'exécution de ces publications par l'État même. Lorsqu'on ouvre un crédit de 100,000 fr. pour une collection orientale, soyez certain qu'il se trouvera, sans atelier public, un établissement pour l'imprimer, et, avec l'aide des savants, un caractère arabe ou sanskrit convenable. C'est avec cet argent que l'Imprimerie nationale exécute ses gravures, avec les mêmes graveurs, les mêmes artistes qu'emploierait l'industrie privée ; c'est avec cet argent que celle-ci les exécuterait. Que l'on fasse déposer les poinçons à la Monnaie, au Cabinet des médailles, si l'on veut, comme curiosité, rien de mieux; l'État aura toujours l'honneur, et tous les droits seront respectés.

« Je dis même que l'encouragement donné à l'industrie sera beaucoup plus efficace dans ce système que dans le système actuel. J'appelle vivement l'attention sur ce point, car l'observation s'applique à toutes les circonstances où l'industrie privée est substituée à l'industrie officielle. En effet, la maison qui aura exécuté des caractères étrangers s'efforcera d'en tirer parti après que l'État aura terminé ses publications, fera naître quelques entreprises pour les utiliser, tandis que dans le système actuel ils restent inabordables aux spéculations de l'industrie privée.

« Mais en voilà assez à cet égard. Qu'on laisse subsister si l'on veut une imprimerie nationale pour produire quelques curiosités, quelques ouvrages en langues orientales, il n'en résultera que l'inconvénient de faire chèrement ce qu'on eût pu faire à meilleur marché et plus utilement pour les progrès de la science et des arts.

« *L'Imprimerie nationale et l'atelier national de M. L. Blanc.* Nous avons dit déjà combien, par la fondation de l'Imprimerie nationale, tous les principes étaient violés, combien cette intervention de l'État dans une industrie était funeste. Mais ce n'est pas seulement dans les faits que la violation des principes se fait sentir, c'est encore dans les idées.

« Nous avons souvent entendu dire que grand nombre de compositeurs d'imprimerie appartenaient à des opinions trop avancées. On s'en étonne, vu leur intelligence ; mais le contraire serait bien plus extraordinaire.

« En effet, il faut de deux choses l'une, ou que le citoyen espère arriver au bien-être, à la fortune, par son intelligence et son travail, ou qu'il prenne confiance dans nous ne savons quelle forme sociale qui assure à tout le monde le même sort, préférant dans ces systèmes, qui ne sont au fond que des protestations, la misère universelle au spectacle de la fortune à laquelle il ne peut atteindre. Or, tandis que le prix des brevets, la difficulté de réussir dans l'imprimerie, l'éloignent de penser à s'établir maître à son tour, l'exemple d'un grand atelier national donne pour lui une réalité aux rêves des utopistes. L'Imprimerie nationale est en effet, sauf la direction, un véritable atelier national, comme l'a rêvé M. L. Blanc..... »

Ce que nous disions de l'Imprimerie nationale s'appliquerait de même à tous les cas où l'administration publique voudrait faire par elle-même ce que l'industrie privée ferait beaucoup mieux et beaucoup plus économiquement qu'elle. Inutile d'insister à cet égard. Une exception ne pourrait être faite que dans quelques cas bien rares, où une fabrication ayant un caractère artistique, et seulement possible en manufacture, ne pourrait trouver un débouché convenable. Dans ce cas encore il est douteux que la forme d'encouragement simple ne fût pas préférable et bien plus utile en s'étendant à de nombreux établissements qui rivaliseraient de progrès pour créer des produits supérieurs.

2° DES BREVETS D'INVENTION.

Nous voulons essayer ici de faire un traité un peu complet sur la question des brevets d'invention, si capitale pour le plus grand nombre de nos lecteurs, et non-seulement un résumé sommaire comme dans l'ensemble de ce travail. Il suffirait sans doute, pour montrer aux esprits impartiaux qu'ils forment un rouage important de l'organisation industrielle ; mais il y a plus à faire aujourd'hui, il y a à bien établir les principes quelque peu obscurcis par d'ardents écrivains qui se sont proposé d'arriver à la suppression totale des brevets. Ce serait, à notre avis, ce qu'on pourrait faire de plus désastreux pour notre industrie, pendant qu'une bonne loi, ou plutôt simplement, comme j'espère le prouver, une bonne organisation du tribunal chargé de juger les contrefaçons, contribuerait sûrement beaucoup au progrès de notre industrie, en assurant aux inventeurs la juste récompense de leurs travaux. A la fin d'un ouvrage consacré à exposer les résultats des labeurs de tous les hommes ingénieux qui successivement ont créé et amélioré les procédés des diverses industries par les efforts de toute leur vie, ce n'est pas trop de consacrer quelques pages à défendre leurs droits si fondés.

De l'invention. Il n'est pas besoin de définir l'invention, le nom seul suffit. Inventer un procédé, un mécanisme, une combinaison quelconque, c'est faire ce qui n'avait jamais été fait; c'est créer une nouvelle source de richesses; c'est, dans nombre de cas, devenir le bienfaiteur de l'humanité.

L'invention est l'expression la plus élevée de l'application du travail intellectuel à la production de la richesse; elle crée l'industrie, les arts, la civilisation tout entière. Elle est au produit industriel ce que l'esprit est au corps.

Si l'on veut juger de l'utilité des inventions, que l'on étudie l'histoire d'une industrie quelconque, et l'on admirera les transformations dont elles ont été la cause, les développements, les créations qu'elles ont fait surgir.

Chacun connaît des multitudes d'exemples. Citons le plus saillant, l'invention qui transforme le monde entier de nos jours, celle de la locomotive créée par le génie de Stéphenson, et donnant naissance aux chemins de fer à grande vitesse, devenus eux-mêmes possibles grâce au bas prix auquel le fer a été produit le jour où l'on a inventé les moyens de l'extraire de ses minerais en employant du combustible minéral. La succession des inventions qui ont rendu possible un des plus grands pas qu'ait jamais fait la civilisation est facile à établir, car elles sont toutes récentes.

Veut-on d'autres exemples? Que l'on jette les yeux sur l'histoire de la grande industrie de la filature mécanique, qui a fait si considérablement diminuer les prix des tissus à mesure que se sont succédé les inventions de la mull-jenny, des cardes circulaires, du métier à tisser mécanique, etc. C'est en effet le caractère le plus marquant de ces progrès industriels engendrés par l'invention, celui auquel on peut, en général, ramener tous les autres, que de diminuer le prix des objets.

Cette économie, ou si l'on aime mieux, cet accroissement universel de richesse, est un bienfait pour toute la société, dont tous profitent sans que personne perde, au contraire de ce que produit la simple spéculation proprement dite. Insistons sur cette observation fondamentale.

Supposons qu'à un certain moment la fabrication d'un kilogramme de fer revienne à un prix déterminé, par exemple à 50 centimes, en employant les procédés que l'on connaît à un moment donné, en se servant des seules matières avec lesquelles on sache le fabriquer. Qu'un inventeur, par la création d'un nouveau procédé, tels que ceux que nous avons vu trouver de nos jours, l'emploi des gaz perdus, du laminoir au lieu du marteau, etc., parvienne à réduire considérablement les frais de fabrication, les dépenses de matières premières et de temps des ouvriers, de telle sorte que l'on puisse produire le kilogramme de fer à 40 centimes par exemple, n'y a-t-il pas là avantage immense pour

ECONOMIE INDUSTRIELLE.

la société, chacun pouvant désormais pour une moindre dépense acquérir une même quantité de fer? N'est-ce pas comme si on avait gratifié la société des sommes qui correspondent à cette économie? Cela est tellement évident qu'il est inutile d'insister.

Supposons maintenant qu'un commerçant, profitant de la gêne d'un producteur, d'un état de crise de l'industrie, puisse baisser les prix d'une marchandise acquise à bon marché, de telle sorte que, dans l'exemple ci-dessus, il puisse aisément vendre 40 centimes le kilogramme de fer, le spéculateur aura certainement usé de son droit, et nous ne blâmons pas une opération qui a peut-être évité au producteur une plus grande perte. Mais ce que je veux établir, et ce qui ne me paraît pas discutable, c'est que si le consommateur a trouvé le même avantage que dans le premier cas, il n'y a pas eu production de richesse pour la société qui comprend l'ensemble de tous les citoyens, les bénéfices du spéculateur et des consommateurs n'étant faits que des pertes du producteur; la ruine de celui-ci venant bientôt compenser l'enrichissement des autres, il y a eu déplacement et non création de richesse.

On doit se représenter la richesse d'une nation comme semblable à l'eau d'un grand lac. Par le travail de la production, la quantité d'eau augmente, le niveau s'élève sur toute la surface. Si par une spéculation à la hausse, par l'évaluation faite à la Bourse à un prix très-élevé, d'un monopole, il se crée de nombreuses fortunes; comme la richesse générale, la quantité de produits, d'utilités, ne change pas en réalité, bien que la richesse de quelques-uns augmente, on se représentera le phénomène en poursuivant notre comparaison, en imaginant que le niveau de l'eau du lac s'élève en quelques points. Mais alors il faudra bien que le niveau s'abaisse partout ailleurs, la quantité totale d'eau restant la même. L'enrichissement des uns causera l'appauvrissement des autres.

Ce n'est que l'accroissement de la production qui peut créer un réel enrichissement de tous. Or, plus on creuse la question, plus on trouve dans la succession des inventions qui accroissent de plus en plus la part des puissances naturelles dans la satisfaction de nos besoins, dans le travail intellectuel appliqué à la production, la première source de l'enrichissement général, de l'accumulation des produits utiles (Voy. INVENTION).

Du droit de l'inventeur. — Des avantages que chacun retire de la multiplication des inventions, il a été conclu, en général, par les personnes les moins favorables aux droits des inventeurs, qu'il fallait activer, développer l'esprit d'invention, que par suite on devait adopter des mesures propres à la favoriser.

Néanmoins, dans ces derniers temps, il s'est trouvé un écrivain en France, qui, dans un curieux article du *Journal des Économistes*, ayant cru devoir conclure à la suppression des brevets

qu'il considère comme une gêne inutile pour lindustrie, a pu sérieusement rapporter comme de quelque valeur, comme indiquant la bonne direction à suivre, la réponse excentrique faite par un fabricant anglais, lors de l'enquête qui précéda la dernière loi. Elle est assez curieuse pour être reproduite :

« Je crois qn'un maître *libéral* s'empressera de récompenser un ouvrier ingénieux, capable de lui suggérer de *bonnes idées* pour perfectionner ou abaisser de prix quelque opération de sa fabrication ; un tel ouvrier se verrait prisé plus haut sur une place, et obtiendrait un salaire plus élevé qu'un *imbécile*... »

Nous croyons bien inutile de discuter sérieusement la proposition de faire, au dix-neuvième siècle, une semblable part au travail intellectuel, lorsqu'il s'agit des nations chrétiennes, et non d'un pays où les individus sont parqués dans des castes, comme dans l'Inde, et nous pensons que le sentiment général porte bien plutôt à faire meilleure part dans les richesses qu'ils font naître, aux inventeurs qui ont créé la civilisation, et qui n'ont trop souvent récolté jusqu'à présent que la misère et le dédain des grands hommes du jour. Nous croyons assez généralement compris le sentiment exprimé par l'illustre Poncelet, en terminant sa revue des principales inventions mécaniques. « En se rappelant jusqu'à quel point nos hommes d'État et nos écrivains ont quelque fois poussé l'ingratitude, le dédain et l'oubli envers ces véritables bienfaiteurs des modernes civilisations, on ne peut se défendre d'un sentiment profond d'amertume. »

Dans un discours bien remarquable à la Société d'encouragement, le savant chimiste M. Dumas a tracé de main de maître la vie de l'inventeur et puissamment démontré la source de son droit. On sera heureux de le rencontrer ici, bien qu'il nous fasse empiéter un peu sur l'ordre logique de déduction que nous voulons suivre.

(6 avril 1864.) « Au premier rang des intérêts industriels à exciter, à soutenir ou a défendre, votre Conseil a constamment placé l'invention. Il existe aujourd'hui, il est vrai, une école historique et philosophique, où, considérant l'humanité comme une armée en marche vers le progrès, mais une armée sans général, on regarde, au contraire, chaque inventeur comme l'expression un peu banale d'idées appartenant à tous ; idées dont il se serait fait seulement l'interprète un peu plus tôt que le reste des humains, et qui, sans lui, n'en eussent pas moins germé, fleuri et fructifié... Cet inventeur, que vous connaissez si bien, dévoré par la pensée qui l'obsède, à laquelle il voue toutes ses forces, sa fortune, sa santé, sa vie et les intérêts plus chers encore de tous les siens, ne serait, à en croire ces nouvelles doctrines de l'histoire, qu'un organisme obéissant à l'évolution générale de l'espèce, et produisant une invention en vertu des mêmes fatalités auxquelles obéit l'abeille qui sécrète sa cire ou son miel ; ce qu'il a fait, tout autre aurait pu l'accomplir... Pour cette école, Homère, Phidias, Raphaël, Newton, Lavoisier, qui ont porté si haut le niveau de la puissance créatrice de l'homme, ne seraient que des chiffres. Leur génie serait celui de l'époque où ils ont vécu ; au besoin ils eussent été remplacés par d'autres chiffres chargés de produire leurs poëmes divins, leurs pages immortelles ou leurs calculs sublimes !... Croyez-le bien, c'est en vain que nous réunirions tous les peintres du monde, ils ne produiraient pas un Raphaël ; ou tous les sculpteurs, ils ne feraient pas sortir du marbre la Vénus de Milo ; et de même, n'en doutez pas, il y a telle invention, dans les sciences industrielles, dont on a droit de dire que celui qui l'a faite était seul capable de la produire.

« Dire que la soude des chimistes..., la filature mécanique du lin..., le sucre de betterave..., le vinaigre de bois..., etc., n'en auraient pas moins été inventés sans le triple concours d'efforts du génie économique de Napoléon, du génie scientifique des Lavoisier et des Thenard, du génie industriel des Leblanc, des Philippe de Girard, des Moilerat, etc... Ah ! messieurs, ce sont là des pensées mauvaises, des excuses prêtes pour l'ingratitude, des doctrines qui font tomber avec dédain les têtes des Lavoisier, qui assistent avec indifférence aux suicides désespérés des Leblanc !... Il y a des inventions, il y a des inventeurs, n'en doutez donc pas ; mais, de même qu'il y a des paresseux qui nient la propriété, trouvant qu'il est plus court de la prendre que de la gagner par le travail et l'épargne, il y a aussi des faiseurs, pressés de gagner gros, qui nient l'invention, trouvant plutôt fait de se servir des idées d'autrui que d'avoir des idées, à force d'étude et d'attention persévérante. Savent-ils ce que c'est que l'invention ? non, et leur seule excuse pour le dédain qu'ils affectent à son sujet, c'est qu'ils ignorent les douleurs et les joies de ces sortes d'enfantements...

« Écoutez ceci. Il y a quarante ans, je fus consulté par un ami de la famille de Daguerre. Les allures étranges de cet homme célèbre avaient porté le trouble parmi ses alentours. Sa raison n'est-elle pas menacée ? Que penser, me demandait-on, d'un artiste habile, abandonnant ses pinceaux, et poursuivant cette idée insensée de saisir les fuyantes images de la chambre obscure, et de fixer sur le papier, sous une forme matérielle et durable, ce spectre insaisissable, ce rien ? Je me suis souvent reporté aux heures de méditation que je consacrai alors à préparer une réponse qui rendît peut-être à Daguerre un repos troublé par des empressements inquiets. S'il eût été détourné de sa voie, cependant, la photographie n'existerait pas ; qui oserait en douter ? Savez-vous combien de temps s'écoula pour lui en études, en essais ruineux, en tentatives trompées ? Quinze ans ! Oui, quinze ans séparent ce

moment où Daguerre était regardé comme menacé dans sa raison et celui où l'Europe apprenait son triomphe. Lorsqu'il vint, au bout de ces quinze années d'épreuves, me montrer ses planches admirables, il n'en sut rien, mais ma première pensée, je l'avoue, fut un sentiment de reconnaissance envers Dieu, qui avait permis que je fusse appelé à défendre un si heureux génie, et qui m'avait inspiré, malgré ma jeunesse, la confiance de le protéger contre le zèle de ses amis. Avec quel intérêt je l'écoutais, me racontant ses espérances, ses doutes, ses soupçons; car, pendant ces quinze années, Daguerre, dont le sentiment artistique délicat avait tant de peine à se tenir pour satisfait, et qu'une éducation scientifique insuffisante livrait à tous les hasards des tâtonnements incertains, voyait tour à tour se rapprocher ou s'éloigner le but de ses espérances, se réaliser ou s'anéantir l'objet de sa poursuite infatigable. Mal à son aise avec ses alentours dont il négligeait les intérêts, troublé par les gloires de sa vie d'artiste qu'il lui eût été si facile de rajeunir, l'inventeur du diorama se demandait lui-même, tantôt s'il n'était pas attiré par le mirage d'une vaine chimère, tantôt si, au jour du succès, il ne se trouverait pas en face d'un spoliateur. Où se procurer, en effet, les lames de plaqué et les réactifs chimiques, sans mettre un plagiaire sur la voie des essais qu'il tentait? Ne fallait-il pas épuiser tour à tour les divers quartiers de Paris, ne revenant jamais, pour le même objet, chez le même fournisseur? Ne fallait-il pas mêler à l'achat des matières utiles celui d'ingrédients sans emploi destinés à détourner une curiosité intéressée ou indiscrète? Que de soins! S'agissait-il ensuite de fixer une image, celle d'un monument immobile et vivement éclairé lui étant indispensable, il était contraint d'opérer dans la rue ou en plein champ. Tout lui faisait ombrage alors : le passant, parce qu'il avait l'air trop indifférent; celui qui s'arrêtait, parce qu'il avait l'air trop curieux ; celui qui se tenait éloigné, sa réserve n'étant pas naturelle. Les personnes familières avec les écrits des alchimistes peuvent seules se représenter ce tableau naïf de la vie troublée de Daguerre, ainsi vouée, pour une moitié, à la crainte d'échouer, et, pour l'autre à la terreur de se voir dérober son trésor...

« Perdre les quinze plus belles années de sa vie, dédaigner les intérêts matériels, ignorer les inquiétudes de ses proches, vivre dans le doute, pendant le jour à multiplier des essais décourageants, pendant la nuit à se reprocher d'être un déserteur de l'art; demander pourtant à la science une gloire qu'elle fait longtemps, bien longtemps solliciter et attendre : voilà, messieurs, ce que coûte l'invention, et à quel prix on laisse un nom dans l'histoire des découvertes!

« Voulez-vous savoir quels profits, de leur côté, les nations en retirent? Demandez au commerce de Paris pour combien de millions, chaque

année, il fabrique d'instruments destinés à la photographie, pour combien de millions il vend ou exporte d'images produites par les moyens photographiques? Rappelez-vous les jouissances nouvelles et inattendues que chacun de nous a éprouvées à réunir autour de lui ces chères images qui semblent une émanation même de la personne aimée, regrettée ou admirée.

« Ah! ne marchandons pas les inventions; soyons bienveillants et secourables aux inventeurs; gardons-nous de tuer la poule aux œufs d'or! Tous n'arrivent pas au but comme Daguerre; beaucoup meurent avant l'heure du triomphe, d'autres s'égarent en route. L'invention est une lutte; et, de même qu'au lendemain d'une bataille, si les vainqueurs sont récompensés, les morts sont honorés et les blessés recueillis avec sollicitude, glorifions les inventeurs qui réussissent, couvrons d'un indulgent respect les fautes de ceux qui échouent, et adoucissons les derniers ans de ces blessés, de ces invalides de la science industrielle, qui n'auront connu que les douleurs du combat et qui auront toujours ignoré les joies de la victoire. »

L'utilité de l'invention étant incontestable, il est admis universellement qu'il faut l'encourager; mais qu'y a-t-il à faire pour atteindre ce but?

Il est impossible de répondre d'une manière satisfaisante à cette question, quand on demande, comme on le voit si souvent dans notre pays toutes les fois qu'il y a une réforme à faire, à charger du fardeau l'administration; quand on prétend confier aux représentants de la société le soin de décerner des couronnes aux plus méritants, et que l'on raisonne dans l'hypothèse que l'entité, idole de notre pays, l'administration sait tout, peut tout, connait tout, doit être chargée de tout faire. On n'arrive ainsi à rien de définitif. Il n'y a pas d'autre récompense admissible aujourd'hui, que la propriété acquise par le travail, par la seule supériorité du producteur, sans protection ni bienveillance de personne, propriété qui lui assure l'indépendance et la liberté. C'est en effet à faciliter la création de la propriété dans les mains de l'inventeur que reviennent les mesures adoptées par les législateurs des divers pays, rendant ainsi hommage implicitement, même quand ils partaient du seul intérêt social, au droit personnel de l'inventeur.

Sans chercher, pour le moment, l'étendue de ce droit, je prendrai pour en constater l'existence, un cas dans lequel il n'est pas contesté.

Lorsqu'un mode de fabrication peut être tenu secret comme on l'a vu souvent, par exemple pour certaines couleurs jouissant de qualités toutes spéciales (le bleu Guimet, les laques Gobert, le vert Pannetier, etc.), il n'est jamais venu à l'esprit de personne de blâmer l'inventeur de tirer parti de ses recherches et de bénéficier indéfiniment de la supériorité qu'il avait su conquérir. Personne n'est forcé de lui acheter; mais

si on veut le produit qu'il a su créer, qui n'existerait pas sans lui, qu'il n'interdit pas d'imiter, il faut lui payer le prix qu'il exige pour sa conception, sa découverte *qu'il peut tenir secrète*. Ce n'est pas cette dernière condition qui fait son droit, mais elle lui permet d'en tirer un profit, et on n'a jamais prétendu que la société avait le droit de violer le domicile de l'inventeur pour lui voler sa découverte. Tout le monde admet que l'exploitation secrète appartient bien à l'inventeur, on ne la lui dispute pas.

On pourrait citer nombre d'inventeurs qui ont préféré l'exploitation secrète de leur découverte aux garanties insuffisantes que leur offrait la loi des brevets; c'est, il me semble, la critique la plus amère de notre loi, de voir des gens intelligents raisonner en France comme s'ils étaient en Turquie. M. Canson, le grand fabricant qui assura le succès de la machine à fabriquer le papier en y adaptant des pompes pour affermir la pâte en faisant le vide, exploita ainsi en secret à Annonay sa belle découverte pendant plusieurs années, et se félicita toujours de ne pas avoir eu confiance dans un brevet.

Ces exemples me paraissent faire bien apprécier le droit de l'inventeur, qui ne change pas à cause de la difficulté d'appliquer en secret son procédé, qu'il n'est jamais forcé de livrer, qui est bien à lui seul tant que sa conception n'a pas été divulguée, qu'on ne peut lui enlever tant qu'elle est dans son cerveau. C'est bien, jusque-là tout au moins, une chose à lui appartenant, dont il est maître d'user ou de ne pas user à sa volonté.

De là découle son droit d'en tirer un profit, car supposons qu'à ce moment il dise à la société : Mille hommes produisent chaque jour telle quantité d'une certaine marchandise. J'ai inventé une machine à l'aide de laquelle ils produiront une quantité double sans plus de fatigue; mais je ne la construirai qu'autant que vous protégerez le mode de travail nouveau que j'ai combiné, qu'autant qu'on m'assurera une part du bénéfice qu'en retirera la société. Que pourrait faire de mieux celle-ci, fût-elle une société purement communiste, que d'accepter cet accroissement de richesse, qui autrement lui échapperait sûrement, la pensée de l'inventeur étant insaisissable? Sans doute, dans notre pratique actuelle, la communication des inventions étant exigée pour l'obtention d'une garantie de valeur douteuse, bientôt le privilége devient caduc, et la société s'en empare. Mais alors elle est parfaitement injuste : elle a attiré l'inventeur dans un piége pour le dépouiller; et, de plus, parfaitement absurde : elle a éventré la poule aux œufs d'or. Vouloir que l'homme de génie passe sa vie à travailler péniblement, jour et nuit, au bonheur de l'humanité, et ne lui assurer en échange que misère et déception, ne pas garantir et reconnaître ses droits à la propriété de sa création intellectuelle, c'est en même temps injustice et maladresse.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

Au contraire, la garantie du droit facilement obtenue, c'est la certitude que toutes les énergies, toutes les intelligences tendront au progrès. « Faites, dit avec grande raison M. Jobard, que l'ouvrier ingénieux qui trouvera un mode abréviatif, un procédé préférable, une combinaison avantageuse, puisse les faire enregistrer chez la première autorité voisine pour en avoir la propriété et en retirer des fruits relatifs à leur importance. Alors l'invention deviendra la plus honorable, la première des professions; l'étude, la méditation, l'expérience acquise serviront à l'avancement des travailleurs au lieu de servir à leur ruine, comme aujourd'hui; chaque individu aura sa valeur réelle quand la loi protégera le fonds intellectuel aussi bien que le fonds matériel; la science, le talent seront des moyens de fortune assurés... »

Nous savons qu'on va s'écrier : Mais ce sont des monopoles que vous voulez établir! Sans aucun doute, et des monopoles sacrés assurant la fortune à la capacité et au mérite, en faisant la récompense du plus digne, de celui qui a rendu à la société les plus grands services. C'est sur un monopole qu'est fondée l'institution qui fait qu'il existe des familles, qu'une nation est formée de citoyens libres et indépendants, et non d'un troupeau de sauvages; nous voulons parler de la propriété foncière, qui est évidemment un *monopole*, et qui a conduit l'Europe au point élevé de civilisation où nous la voyons. Toute la question est de savoir s'ils sont justes. La pratique prouve qu'ils sont plutôt insuffisants qu'exagérés.

Des monopoles. — C'est en effet sous forme de monopole, de privilége exclusif d'exploitation pendant quelques années, que l'on a consacré le droit de l'inventeur dans toutes les législations modernes.

Au point de vue de l'utilité générale, le brevet d'invention, en conférant un monopole, produit l'effet essentiel de fournir le moyen le plus puissant de progrès à l'industrie, résultat qui n'est pas toujours assez apprécié. Ce n'est que la certitude du monopole qu'il confère qui peut engager les spéculateurs, les capitalistes à aider de leur concours les auteurs des inventions. S'il n'était pas possible de retirer un bénéfice tout particulier d'une exploitation exclusive, quel est celui qui se hasarderait à tenter les essais longs et coûteux qu'exige toujours une combinaison nouvelle pour atteindre le succès? Aussi peut-on dire avec raison que la publication d'une invention ingénieuse, sans prise de brevet, est chose fâcheuse; car personne ne se décidera à faire les frais de son application pour, en cas de succès, voir ses bénéfices enlevés par la concurrence. Cette puissance du brevet pour exciter aux découvertes et à leur application est bien évidente, et démontrée d'ailleurs par des exemples célèbres de grandes fortunes gagnées à l'abri de brevets.

Toutefois les graves inconvénients d'un privi-

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

lége exclusif semblent devoir immédiatement prendre naissance; mais, comme nous l'avons dit, tandis que le monopole par spéculation abuse d'une position conquise par habileté et audace, pour obtenir des bénéfices exagérés au détriment de ceux qui contractent avec lui, le breveté, lui, augmente toujours l'avoir social. Le premier veut toujours donner moins et obtenir davantage, pendant que le breveté offre toujours plus en jouissance, pour une somme relativement moindre. Cependant c'est une idée difficilement admise par bien des économistes, qu'une organisation semblable puisse être plus avantageuse, en laissant de côté la question de justice, que la liberté absolue; ce sont les inconvénients du monopole, de l'entrave que le brevet apporte à l'exercice d'une industrie par tous, qui les rendent souvent hostiles à la reconnaissance du droit de l'inventeur. Néanmoins, et sans soutenir le monopole en lui-même, comme sans tenir compte de son utilité pour faire naître de nouveaux progrès, cause d'avantages bien supérieurs au mal qu'il peut faire, on peut citer bien des circonstances dans l'industrie où il n'est certainement pas nuisible.

J'emprunterai à un journal anglais (*Newton Journal of Arts, March* 1860) le passage suivant, traduit par M. Perpigna dans une remarquable brochure sur les brevets d'invention, dernier écrit d'un homme qui s'est honorablement occupé toute sa vie de questions relatives aux brevets d'invention :

« Avant la loi de 1852, il fallait deux brevets différents pour les trois royaumes d'Angleterre, d'Écosse et d'Irlande. Comme chacun de ces brevets coûtait un prix énorme, les inventeurs (car la majeure partie était dans ce cas) n'avaient d'autre alternative que de faire breveter leurs inventions uniquement en Angleterre; de sorte que sur le nombre des inventions brevetées en Angleterre *seulement*, et que tout le monde pouvait dès lors importer dans les deux autres royaumes, il y en avait en moyenne de disponibles chaque année pour l'Irlande environ 392, et pour l'Écosse 294. Cependant, je ne puis me rappeler *un seul cas* d'une industrie qui aurait été, dans ces deux royaumes, créée pour faire concurrence au breveté anglais; il est certain même qu'aucun capitaliste n'a songé à introduire à son profit, dans ces pays, une seule branche importante de l'industrie anglaise, et cela par cette simple raison que, faute d'un équivalent probable pour compenser les frais d'expérimentation, le capitaliste recule devant une démonstration de succès qui profiterait autant à ses rivaux qu'à lui-même. »

Ce fait répond victorieusement à la prétendue infériorité dans laquelle se trouverait placée notre industrie, ayant les entraves des brevets, pour lutter contre celle des pays qui ne les connaissent pas. Disons en passant que ces pays se réduisent à la Turquie et à la Suisse; tous les autres États de l'Europe, aussi bien que les États-Unis, ont emprunté à l'Angleterre ce puissant moyen de progrès.

J'ai déjà cité un exemple qui se rapporte à une propriété reconnue partout, celle de l'auteur sur son livre.

L'expérience de la Belgique a prouvé que la ruine de tous les producteurs, le monopole d'une seule maison riche, était le résultat direct de la liberté absolue. Et cela en privant d'un légitime bénéfice et l'auteur qui a créé l'œuvre par un travail pénible, par des efforts d'intelligence à l'aide desquels il espérait vivre; et l'éditeur, qui a souvent fait naître l'œuvre en escomptant en partie à l'auteur les bénéfices que cette œuvre eût dû produire.

Cet exemple nous paraît tout à fait probant pour réfuter en principe les prétendus inconvénients qui, selon quelques personnes, doivent nécessairement accompagner la reconnaissance du droit de propriété de l'inventeur. Si on ne peut en conclure que la multiplication des monopoles soit un bien d'une manière absolue, il prouve complétement que les monopoles fondés sur la reconnaissance de droits sacrés peuvent constituer une organisation bien supérieure à celle fondée sur une apparente liberté, et ne sont même pas toujours des entraves gênantes pendant qu'ils font régner la justice.

La question me paraît avoir été parfaitement traitée par M. J. Bozerian dans un fort bon article inséré dans le journal *la Propriété industrielle*, à propos de l'excellent travail de M. Perpigna.

« Suivant lui, dit-il, les brevets ne sont jamais une cause d'élévation du prix de la marchandise; les faits protestent souvent contre cette assertion.

« Il faut distinguer, ce nous semble, entre le cas où l'invention porte sur le produit même qui est pour la première fois livré à la consommation, et celui où l'invention porte sur les instruments ou procédés de fabrication.

« Dans ce dernier cas, M. Perpigna a pleinement raison. Entre deux produits de même nature et de même qualité, il est certain que le consommateur préférera toujours le moins cher, sans se préoccuper s'il a été fabriqué par une machine brevetée ou par une machine non brevetée; et l'invention n'aura même chance de réussir que si elle permet d'abaisser le prix du produit. A cet égard, M. Perpigna cite des exemples décisifs, celui des mull-jenny, ou bancs à filer en Angleterre, qui, tout en élevant le profit de l'ouvrier de 20 p. 100, ont cependant permis de réduire le salaire du filé de 13 d. par livre; celui des machines à coudre en Amérique, qui ont fait baisser de moitié le prix des articles destinés aux classes ouvrières, tandis que les ouvriers employés à ce travail gagnent deux ou trois fois plus qu'auparavant; celui enfin des métiers à

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

tisser mus par la vapeur, qui permettent à l'ouvrier de fabriquer 18 ou 20 pièces de toile par semaine, tandis qu'il n'en fabriquait que 12 ou 15 en 1826, 7 en 1823, et 2 seulement dans les années précédentes.

« A ce point de vue, la réponse fournie par les faits est décisive : mais, lorsque l'invention porte sur le produit même, il ne nous paraît pas douteux que, si elle tombait immédiatement dans le domaine public, le produit pourrait être livré à un prix moins élevé ; si elle était née et avait été divulguée sans qu'il existât de brevets (exception rare), la liberté de la concurrence amènerait infailliblement ce résultat, qui se produirait d'autant plus vite que les fabricants autres que l'inventeur n'auraient pas besoin d'élever leur prix de vente pour se couvrir des sacrifices pécuniaires qui ont dû précéder l'invention. »

A cette exception il faut apporter encore cette restriction, qu'il s'agit de produits qui se fabriquent aussi économiquement sur une petite échelle que sur une grande, cas qui devient plus rare chaque jour avec le progrès des inventions de machines procurant des avantages qui croissent avec l'importance de la fabrication. Ainsi, dans le cas cité plus haut, 100,000 exemplaires d'un livre appartenant à un seul éditeur, tirés sur une même composition, pourront revenir à un prix infiniment moindre que le même nombre tiré sur 100 compositions par 100 éditeurs, auxquels il sera impossible sans ruine certaine de livrer l'ouvrage au même prix que l'éditeur unique, même avec le prélèvement du juste droit de l'auteur, qui devient en général minime lorsqu'il s'agit d'atteindre de grands nombres.

Les exagérations du monopole comme celles de la concurrence peuvent être également fâcheuses ; mais l'un ne peut pas plus disparaître que l'autre, car il représente l'exercice du droit, comme la concurrence, la liberté. Ce sont deux termes extrêmes qui se concilient par le respect du droit de chacun, seule limite de la liberté de tous. Le monopole dû à l'invention est aussi respectable que celui obtenu par l'échelle de la production, par la puissance des écus, résultat direct, inévitable de la propriété mobilière.

L'utilité du monopole temporaire dans le cas des brevets semble à l'abri de toute contestation. Dans une croisade malheureuse, à notre avis, entreprise contre les brevets d'invention, sur laquelle nous reviendrons plus loin, M. Michel Chevalier les a attaqués comme nuisibles à la société, en disant : « Le brevet d'invention n'est pas d'utilité sociale. Il met obstacle aux nouvelles découvertes, et par conséquent il nuit au progrès industriel au lieu de le favoriser. » La réponse ressort de l'utilité du monopole, et M. E. Barrault a pu réfuter cette proposition de la manière la plus satisfaisante.

Puisque tout le monde sait, dit et répète que les inventeurs se ruinent à poursuivre la réalisation de leurs idées, quel sera donc, observe-t-il avec raison, l'homme intelligent, le manufacturier capable, ou seulement raisonnable qui osera risquer son temps et son argent pour expérimenter et mettre en œuvre une chose nouvelle, si l'inventeur n'a pas la possibilité de le faire lui-même?

A moins de garder secrète l'invention, il n'existerait aucun espoir de rémunération, car les concurrents profiteraient de suite, sans peines et sans fatigues, des inventions qui auraient épuisé les ressources de l'initiateur, et cela aussitôt que celui-ci aurait obtenu ce résultat de faire apprécier la machine ou le procédé dont il aurait fait l'expérimentation ou l'apprentissage...

Pourquoi bâtirai-je une maison, si d'autres que moi doivent y loger sans rémunération et sans mon autorisation? Pourquoi épuiserai-je mes ressources à faire une machine que le premier venu pourra ensuite copier sans rien avoir à payer pour mes frais d'expérience et d'étude?

Tout ceci nous paraît irréfutable, et les nombreux exemples dont l'auteur que nous citons les fait suivre montrent clairement que les brevets d'invention font naître et appliquer les inventions dans les pays où l'industrie est le plus prospère, en Angleterre notamment, et sont le plus puissant instrument de cette prospérité.

Principe du droit de l'inventeur. — Il peut sembler que le principe d'utilité des brevets, admis à peu près par tout le monde, est tout à fait suffisant, et que la discussion sur la nature du droit consacré par le brevet d'invention est affaire de pure théorie. Il paraît importer assez peu que, comme on l'admet en Angleterre, comme le formulait la loi de 1791, le brevet d'invention soit la consécration de la propriété appartenant à l'inventeur du seul fait de son travail intellectuel, comme je l'ai indiqué déjà, travail dont il apporte le produit à la société, ou que, comme dans le nouveau projet de loi soumis un instant au Corps législatif, on ne veuille voir dans le brevet qu'un *dédommagement des labeurs de l'inventeur, une rémunération des services rendus par lui à la société*, c'est-à-dire, en réalité, une concession de la société. Cependant, dût-on, dans les deux manières de raisonner, constituer le même titre, l'économie de la loi destinée à le faire respecter, et surtout la jurisprudence destinée à compléter celle-ci, ne pourront pas être les mêmes dans les deux cas, et par suite les valeurs des titres seront en réalité profondément différentes ; les conséquences qui en découleront seront tout autres. Il faut bien se rendre compte, et c'est l'explication de bien des dissidences, qu'il y a en présence deux systèmes profondément différents :

« Ou nous reconnaissons, comme le dit très-bien M. Dumery dans ses observations sur la nouvelle loi, que l'inventeur est un homme utile qui enrichit réellement la société, et que, s'il

n'était pas venu, l'invention n'aurait pas eu lieu ;

« Ou bien nous admettons que l'invention est ambiante (en niant toujours l'action de l'individu, en admettant que le monde marche seul), qu'elle est le résultat des besoins du moment, et que le breveté n'est qu'un occupant quelconque, n'ayant d'autre mérite que de se présenter le premier pour exploiter une mine toute faite.

« Il n'y a pas de transaction possible entre ces deux situations :

« Dans la première, l'invention est bien réellement une *propriété ;*

« Dans la seconde, c'est une *concession* de la société.

« Si c'est une propriété, il ne peut être fait aucune condition à l'inventeur en dehors des lois et règlements sur la propriété ;

« Si c'est une concession, le brevet devient un cahier de charges contenant les clauses, conditions et réserves de la société. »

D'où cette circonstance bien singulière, mais bien démontrée par les faits, que des lois en apparence semblables donnent des résultats complétement différents, suivant l'esprit dans lequel elles sont interprétées. C'est le cas de la loi des patentes en Angleterre, facilement appliquée et donnant d'excellents résultats, ayant pour but et parvenant très-bien à faire respecter le droit de propriété reconnu à l'inventeur ; et la loi des brevets d'invention en France, toujours refaite inutilement, toujours défectueuse dans la pratique, malgré toutes les modifications, parce qu'elle part du malheureux et faux principe de la *concession* de la société, parce que par suite elle tend à donner et à reprendre en même temps, à faire violer le droit du breveté pour lever l'*entrave* apparente que le brevet fait peser sur l'industrie, entrave qui est le moyen du progrès, de la justice et de la véritable liberté.

Il importe donc d'approfondir la question de propriété, de rappeler les principes fondamentaux, pour ne laisser aucun doute sur ceux qui doivent guider dans le cas des brevets d'invention, car c'est toujours du droit qu'il faut partir.

De la propriété industrielle. Pour approfondir la question de la propriété industrielle, je rappellerai d'abord les principes de toute propriété, et à cet effet, je rapporterai quelques lignes de l'ouvrage d'un écrivain dont il m'est interdit de faire l'éloge, de mon frère, M. Ed. Laboulaye (*Etudes sur la propriété littéraire*).

« Quelle est la racine du droit de propriété foncière? C'est le travail : j'entends par ce mot la transformation que notre volonté, notre intelligence et nos forces font subir à la terre. Un homme arrive en Algérie : il y trouve des terrains dévorés par le palmier nain, des marais empestés par les eaux, un sable desséché et stérile. Ce terrain, la société le vend au prix qu'il vaut, c'est-à-dire presque rien ; le colon défriche, dessèche, fait des irrigations : voilà une valeur créée, voilà une propriété constituée.

« A qui peut appartenir cette propriété, sinon à celui qui l'a créée? Les voisins, qui n'ont rien fait, peuvent-ils prétendre une part dans le travail d'autrui? Non, sans doute. La société y a-t-elle plus de droit? Elle n'est qu'une collection d'individus qui tous sont restés étrangers à la mise en valeur. Comme représentant de la communauté, comme première propriétaire du sol, elle a reçu le prix de ce qu'elle a vendu. Où serait son titre pour agir? Bien plus, elle bénéficie de ce travail auquel elle n'a pas contribué, l'impôt seul va lui donner un revenu supérieur à ce qu'elle tirait de ce désert. Le propriétaire enrichit la société et ne lui prend rien.

« Le sol appartient donc à celui qui l'a fécondé, et il lui appartient à toujours. Pourquoi? C'est qu'il n'y a aucune raison qui autorise à le dépouiller d'une valeur qu'il a créée, d'une chose qu'il a faite. Le colon a travaillé pour ses enfants et pour sa femme ; il a été sobre, patient, économe ; il s'est refusé des jouissances viagères, personnelles, pour creuser des fossés, planter des arbres, élever des troupeaux, en un mot, il s'est sacrifié pour créer une richesse qui durera plus longtemps que lui, et qui profite indirectement à la société. De quel droit lui ôterait-on, à lui ou aux siens, ce qui est son œuvre propre? Ces fruits qui n'existeraient pas sans lui, ces troupeaux que lui seul a élevés, à qui peuvent-ils appartenir, sinon à celui qui les a créés et nourris? Après lui, qui aura droit à ces valeurs, sinon ceux pour qui seuls le colon a travaillé et qui continuent son œuvre?

« Voilà donc comment naît la propriété, et comment à sa suite arrive l'hérédité. Et ce n'est pas seulement par un sentiment de justice abstraite que la société protége l'une et l'autre, cette justice est pour elle une condition d'existence. La société vit du travail de ses membres ; il n'y a pas de travail sérieux quand la propriété est incertaine et la succession mal assurée.

« On comprend maintenant quel est le droit de propriété dans sa forme première, avant que l'hérédité n'en obscurcisse la notion. C'est le droit du créateur sur la valeur ou la chose qu'il a créée ; ce droit est de sa nature absolu. Nous pouvons disposer de notre chose comme il nous plaît, la donner, la vendre, la changer de nature, la consommer. Pourquoi? C'est que notre œuvre ne doit rien à personne ; nous pourrions ne rien faire et laisser nos facultés oisives ; si nous avons travaillé, c'est pour nous, et pour nous seuls. Afin de prétendre aux fruits de notre industrie, il faudrait qu'on eût un droit sur notre personne, ou qu'il y eût engagement de notre part ; quand ces deux conditions n'existent pas, l'œuvre ne saurait appartenir à un autre qu'à l'inventeur.

« L'essence du droit de propriété, c'est donc une création de valeur ; maintenant, en quoi con-

siste cette valeur dans la propriété foncière? Cette valeur, c'est un corps certain, une part du sol, une chose facilement reconnaissable, et que, par conséquent, tous les hommes doivent respecter. Un droit, une obligation sont invisibles; je ne puis pas savoir ce que mon voisin s'est engagé à faire ou à souffrir, mais je ne puis pas ignorer que ce champ n'est pas à moi, qu'il est à quelqu'un, et que, par conséquent, je n'ai pas le droit d'en user, ni le droit d'en prendre les fruits.

« La nature de la propriété foncière détermine la garantie que lui donne l'État. Que personne ne trouble le propriétaire dans la jouissance du sol, que personne autre que lui ne dispose des fruits, et le domaine est garanti. Cette protection est toujours facile, car l'objet n'est jamais douteux; il faut, en général, un acte extérieur, une violence pour dépouiller le propriétaire, ce sont des attentats visibles que la loi réprime chez les peuples civilisés.

« En ce qui touche les fruits du sol, il faut considérer que la garantie de la loi cesse dès qu'on les a aliénés; ce sont les produits de la propriété, mais ce n'est pas la propriété même; elle reste entière après la récolte vendue, et, d'un autre côté, le propriétaire vend les fruits pour que l'acquéreur, quel qu'il soit, en dispose à son gré. On verra bientôt quelle est l'importance de cette remarque.

« Voici donc la propriété sous sa forme la plus sensible, une valeur créée, un corps certain, un fonds qui ne se détruit point quand on en détache les fruits. Trouvons-nous les mêmes caractères dans la propriété mobilière? Oui. Prenons, par exemple, une filature. C'est le travail qui a créé des métiers, des broches, des peignes; ces machines sont un corps certain, toujours reconnaissable, et le produit de ces machines, le lin et le coton, s'achète comme les fruits du sol. Le fond du droit est le même, la protection de la loi peut s'exercer de la même façon.

« Au lieu d'une filature, supposons une fabrique de bronzes : ce sont des ustensiles ou des pendules que j'ai vendus. Ici se présente une difficulté qui fait sentir le besoin d'une protection particulière.

« Lorsque je vends les fruits que j'ai cueillis, le coton que j'ai filé, ces fruits et ce coton sont destinés à la consommation, et ne peuvent servir qu'à la consommation. On fera du vin avec mon raisin, des toiles avec mon coton; mais on ne refera pas du raisin ou du coton à meilleur prix que le mien, en s'appropriant sans peine et sans frais ce qui m'a coûté un long travail et des capitaux considérables.

« Il en est tout autrement d'un bronze. Pour fondre cette pendule, comme pour filer le coton, il a fallu de grands efforts et beaucoup d'argent; il a fallu des dessins, des modèles, des moules, tout un appareil industriel. Mais à la différence

ECONOMIE INDUSTRIELLE.

d'autres produits, rien n'est plus aisé que de s'approprier le fruit de mon travail, sans se donner les mêmes peines et sans courir les mêmes risques. Il suffit d'un surmoulage pour me faire une concurrence déloyale, car j'ai vendu cette pendule pour qu'on en jouisse, et non pour qu'on la reproduise; c'est un meuble que j'ai cédé, et non pas un modèle; rien ne peut donc autoriser un tiers à s'emparer d'une œuvre qui n'est pas la sienne.

« Supposons que le législateur prenne la défense de mon droit et qu'il interdise le surmoulage, sera-ce un principe nouveau qu'il introduira dans le Code, ou tout simplement une nouvelle forme de garantie pour la propriété? Je ne vois aucune différence essentielle entre l'œuvre du fermier, du filateur et du bronzier. Tous trois appliquent leur intelligence et leurs forces pour obtenir des produits matériels et échangeables; tous trois demandent la protection de la loi pour les fruits certains et visibles de leur travail; il y a seulement cette différence que pour dépouiller les deux premiers, d'ordinaire il faut entrer chez eux par force ou par ruse, tandis qu'on peut dépouiller le dernier sans aller chez lui, en paralysant et en ruinant entre ses mains le moule, la machine qui constitue pour lui une propriété. Il y a une espèce particulière de vol qu'on nomme la *contrefaçon;* c'est ce délit que la loi poursuit et punit d'une manière différente, la forme de la garantie change avec celle de l'attaque, le fond du droit ne varie pas; c'est toujours la propriété.

« Dira-t-on que ce que la loi prend ici sous sa garde, c'est l'industrie, l'invention, l'idée; mais il en est ainsi pour toute propriété. C'est toujours le travail et l'effort que la loi protége; ce n'est pas la chose, c'est *l'homme qu'elle défend.* Seulement le législateur ne s'inquiète pas des abstractions, il ne connaît l'idée que par le produit qu'elle a enfanté, et c'est ce produit qu'il entoure de sa protection. Y a-t-il ici un produit, un corps certain qui constitue une propriété? Sans doute, c'est le moule reproducteur. Mais, dira-t-on, on n'y touche pas. Touche-t-on davantage à mon champ, lorsqu'un voisin construit une fabrique de produits chimiques qui stérilise ma terre par des vapeurs malfaisantes? Touche-t-on à ma maison lorsqu'on établit à côté de moi un atelier de chaudronnerie dont le bruit rend ma demeure inhabitable? Et cependant la loi voit là une atteinte à ma propriété, parce qu'on détruit indirectement la valeur que j'ai créée. Quelle différence y a-t-il, sinon que la position du bronzier est plus respectable? car enfin le voisin de mon champ use de sa propre chose, de ce que seul il a créé, et cet usage serait légitime si je n'étais pas là, tandis que le contrefacteur sait le tort qu'il me fait. Peut-il ignorer qu'il n'est pas le créateur de l'œuvre qu'il tourne contre moi? »

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

Cette analyse, si complète et si précise du droit de propriété, s'applique de tous points à l'invention industrielle, et montre comment elle constitue un droit de propriété indiscutable à son auteur. N'est-ce pas par une accumulation de travaux et d'efforts qu'il arrive à construire la machine qui lui permet de créer des produits nouveaux, obtenus à meilleur marché qu'on ne pouvait le faire avant lui? Sera-t-il permis de copier cette machine, malgré lui, sans qu'il veuille la vendre, quand il ne donne à personne le droit de l'imiter? Son droit, incontesté tant qu'il peut garder son invention secrète, s'évanouit-il par la vue de son œuvre?

Sans doute le délit de contrefaçon se rapporte, pour bien des inventions, à un fait moins saisissable que celui indiqué dans le cas précédent. Il ne s'agit plus alors d'un surmoulage aisément reconnaissable, mais d'une imitation quelquefois assez difficile à établir, qui n'existe en fait que dans la nature intime des objets. Mais que conclure de ces différences nécessairement variables avec la nature du produit? Rien que la nécessité de modifier la garantie que le législateur doit savoir trouver suivant les cas, pour remplir sa fonction essentielle d'assurer à tous les producteurs le fruit de leurs efforts, propriété également sacrée dans tous les cas, que la mission de la société est de protéger et de défendre.

Peut-on s'arrêter sérieusement à l'objection si souvent répétée que l'invention est dans l'air, que l'inventeur y est pour peu de chose, qu'un autre eût fait son œuvre s'il ne l'avait pas exécutée, car, comme le dit spirituellement M. Jobard (et la plaisanterie est vraiment ici une arme de bon aloi) : « On prouvera au besoin qu'un père ne peut pas réclamer son enfant! car les bras, les jambes, la tête et le cœur humain sont connus depuis Adam, et il ne lui a pas fallu grand'peine pour les mettre ensemble; s'il ne l'avait pas fait un autre l'aurait fait aussi bien que lui, et peut-être mieux; qu'a-t-il donc à réclamer, ce père égoïste? »

C'est cependant ce qu'a fait M. Michel Chevalier.

Il se pose cette question : « Le brevet d'invention a-t-il pour base un droit positif? Une invention industrielle peut-elle offrir d'une manière certaine les caractères de la propriété? Est-ce une chose qu'un homme puisse être fondé à revendiquer à l'exclusion de tous autres, c'est à-dire s'approprier, même pour une durée limitée à quinze années?

« Il me semble pourtant que non. Si j'invente un mécanisme aujourd'hui, un autre pourra l'inventer demain; bien plus, rien ne prouve qu'un autre ne l'a pas inventé hier. Pour que le principe du brevet d'invention fût admissible, il faudrait tout au moins qu'il fût possible dans chaque cas de faire une enquête de laquelle ressortirait la démonstration que personne, non-seulement dans le pays, mais au dehors, jusque et y compris les antipodes, n'a jamais eu la même idée... »

L'erreur évidente de ce raisonnement, comme l'a parfaitement fait observer M. Renouard à l'Académie des sciences morales et politiques, c'est qu'il se rapporte à un cas où le brevet n'existerait pas, ne serait pas valable. Toutes les lois exigent que l'invention soit *nouvelle*, les objections qui portent sur les cas où il n'en serait pas ainsi sont donc absolument sans valeur, ne se rapportent pas aux brevets d'invention que nous connaissons.

M. Michel Chevalier continue ainsi après avoir indiqué la difficulté de faire les vérifications indiquées ci-dessus.

« Admettons cependant que la constatation ait pu se faire. Personne auparavant n'aura eu telle ou telle pensée; bien : mais qu'est-ce que cela prouve, sinon une priorité? Il ne s'ensuivra pas que la même invention, si réellement c'en est une, n'aurait pu, à très-bref délai, être imaginée par un autre, et qu'on ne cause pas à la société un notable préjudice quand on en confère à une personne le monopole, même pour le délai de quinze ans. »

On voit que l'argument principal qui revient ici est celui auquel M. Jobard répondait si spirituellement. Nous ne comprenons vraiment pas que l'on pose comme évident que toute découverte due au génie de l'homme est sans mérite, parce que si Archimède, Newton, etc., par exemple, n'eussent pas fait les découvertes qui ont immortalisé leur nom, d'autres les eussent faites. Il n'est pas contestable que toute découverte de géométrie, toute loi physique ou astronomique, est une vérité absolue qui n'est pas susceptible d'objection, et qui prend naissance pour être reçue par tout le monde le jour où elle est découverte; elle est reconnue vraie comme 2 et 2 font 4. Elle n'existait pas avant celui qui l'a trouvée; elle est un accroissement positif du savoir humain dès qu'elle a été promulguée. Le secours que l'inventeur a trouvé dans des travaux étrangers ne détruit en rien le mérite de ce qu'il a su y ajouter.

Toute découverte industrielle est de cet ordre, mais de plus ce n'est pas une pensée, une idée seulement, difficile à préciser et dont l'appropriation n'a jamais été demandée, c'est une réalité qui apparaît par la création de son auteur, et vouloir contester l'invention de la machine à vapeur moderne à Watt, lorsqu'il imagina le condenseur séparé, n'est vraiment pas sérieux. Pas un contemporain n'avait songé à rien de pareil, et c'est près d'un siècle après qu'on a songé à avoir des machines à vapeur sans condenseur. Sans doute toutes les inventions brevetées n'ont pas l'importance de celle-ci, mais toutes celles qui ne sont pas des illusions de l'auteur, même celles qui paraissent les plus simples, ressemblent

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

plus ou moins à l'œuf de Cristophe Colomb; il semble sans doute, pour bien des esprits, qu'il était bien aisé de les faire quand on les voit sous la forme d'une réalité facile à comprendre; rien de plus facile que ce qui s'est fait hier, comme disait Biot, mais on ne le faisait pas, et il a fallu l'initiative ardente, la conception d'un esprit possédant une originalité propre pour y parvenir. C'est toujours une partie de l'individu, son activité, son intelligence, son originalité toute différente de celle de son voisin, qui se sont fixées dans cette invention.

On a vraiment mauvaise grâce à se plaindre de la constitution d'une propriété à laquelle la société ne donnera de valeur que si elle lui procure des avantages certains. Car, comme le disait si justement Carlyle dans sa pétition au parlement anglais, à propos de la loi sur la propriété littéraire : « L'auteur joue contre le monde un jeu plus que loyal, son enjeu étant sa vie même (car la peine est de mourir de faim), et l'enjeu du monde n'étant rien jusqu'à ce qu'il ait vu les dés; si bien que, dans aucun cas, le monde ne peut perdre. Que dans la chance heureuse et longtemps douteuse du jeu tournant en sa faveur, notre pétitionnaire ose supposer que les petits gains d'icelui doivent appartenir à lui et aux siens... »

L'attribution de la propriété d'une invention industrielle à son auteur n'est pas plus contestable que celle de la propriété foncière au colon cultivateur, de la propriété littéraire à l'écrivain, de la propriété artistique au sculpteur et au fabricant de bronzes. Ne doit-on pas conclure à leur assimilation complète au point de vue du droit, de la garantie suffisante qu'elle doit recevoir du pouvoir social?

Ces principes ne sont pas, au reste, aussi nouveaux que l'on veut bien le dire. Rappelons ici le préambule de la première loi sur les brevets (7 janvier 1791), qui établit les vrais principes d'une manière bien plus libérale qu'on ne l'a fait depuis : « Considérant, y est-il dit, que toute idée nouvelle dont la manifestation ou le développement peut devenir utile à la société, appartient primitivement à celui qui l'a conçue, et que ce serait attaquer les droits de l'homme dans leur essence que de ne pas regarder une découverte industrielle comme la propriété de son auteur ; considérant en même temps combien le défaut d'une déclaration authentique et positive de cette vérité peut avoir contribué à décourager l'industrie française, en occasionnant l'émigration de plusieurs artistes distingués et en faisant passer à l'étranger un grand nombre d'inventions nouvelles dont cet empire aurait dû tirer les premiers avantages; considérant, enfin, que tous les principes de justice, d'ordre public et d'intérêt naturel commandent impérieusement de fixer désormais l'opinion des citoyens français sur ce genre de propriété par une loi qui la consacre et la protége, etc. » On voit que nous avons fait bien des progrès depuis cette époque pour écraser l'individu sous la toute-puissance de la société, qui veut bien *dédommager l'inventeur de ses labeurs!*

« L'inventeur, lit-on encore dans le rapport de Boufflers, demande que la loi le protége contre la fraude, contre le vol, et non contre les droits de personne. Il demande à mettre sa récolte, bonne ou mauvaise, sous la foi publique. Sera-t-il donc défendu de toucher aux autres récoltes et permis d'enlever la sienne? » Voilà la vraie réponse aux reproches d'égoïsme faits quelquefois à l'inventeur, que M. Ét. Blanc relève si bien dans les lignes suivantes :

« Faut-il nier que l'inventeur soit égoïste? non; ce reproche a aussi son côté vrai : en effet, nous ne connaissons rien qui égale cet amour du droit exclusif qu'on retrouve chez tout véritable inventeur. Seul il a creusé son sillon, seul il a semé, seul aussi l'inventeur veut recueillir. Celui-là ne serait pas inventeur qui ferait bon marché de ses droits de paternité, comme celle-là ne parut pas à Salomon la véritable mère qui consentit au partage.

« Nous avons dit que rien n'égalait l'égoïsme de l'inventeur; nous exagérions, puisqu'on peut manifestement adresser le même reproche à tout propriétaire. Pour peu qu'on ait été locataire, et qui ne l'est pas? on sait de reste que les propriétaires ont contracté l'habitude de ne permettre à personne de percevoir les loyers à leur détriment. Tout cultivateur a la vulgaire prétention de faire, pour lui seul, la récolte de ses fruits. Il est donc bien évident que propriétaires et cultivateurs sont aussi coupables d'égoïsme que l'inventeur. »

Nous considérerons comme à l'abri de toute contestation que l'inventeur a droit au fruit de son travail, c'est-à-dire qu'il doit être protégé contre les contrefacteurs qui voudraient le dépouiller en copiant ses procédés. Le titre que la société doit faire respecter contre toute spoliation est ce que nous appelons brevet d'invention. Quels droits spéciaux doit conférer ce titre justement délivré, car la reconnaissance des divers genres de propriété, fruit du travail de l'homme, n'entraîne pas nécessairement les mêmes modes de garantie de la part du pouvoir social dans tous les cas. C'est ce que nous allons examiner pour l'invention industrielle, et nous reviendrons sur la seconde partie de l'argumentation de M. Michel Chevalier qui est fondée quand on conclut à la limitation du droit la jouissance, tandis qu'elle nous paraît impossible à défendre quand on conclut à la négation du droit de propriété de l'inventeur.

Des récompenses ou indemnités aux inventeurs. Nous ne discuterons pas les systèmes destinés à indemniser l'inventeur, de ce dont on propose, en somme, de le dépouiller. En principe ce qui

précède réfute d'une manière absolue tout système semblable dans lequel on viendrait à remplacer le brevet par quelque mode de rémunération particulier, comme à prescrire à l'inventeur breveté le mode d'exploitation qu'il doit suivre. Si la patente n'est que le titre de la propriété de l'inventeur, on ne saurait lui prescrire la manière dont il doit jouir de celle-ci. Elle ne peut être autre que celle qui est écrite dans le Code pour toute propriété. On est tenté de le répéter constamment, il ne s'agit pas ici de récompense, comme tant de personnes sont encore disposées à le croire; il s'agit de droit et de justice.

Nous rapporterons seulement un bon article sur les brevets et le système de récompenses que M. Mareschal, mécanicien, a fait paraître dans la *Propriété industrielle*, et qui est bien inspiré par l'esprit qui anime les hommes laborieux et intelligents qui cherchent le succès dans l'exploitation exclusive d'un brevet. C'est, nous le disons à sa louange, dans l'invention d'une machine à hacher les viandes qu'il a trouvé des bénéfices, comme MM. Cail et C^ie^ ont su en trouver dans l'exploitation des brevets Degrand, Crampton, Thonnelier, etc., comme l'ont fait tous ceux qui ont réussi à acquérir des positions industrielles, à l'abri de la concurrence d'un établissement qui s'organiserait pour travailler à plus bas prix qu'eux en sacrifiant tout bénéfice.

« On s'écrie que le brevet d'invention est une entrave; sans doute, et c'est ce qui le rend précieux à nos yeux. Il est une entrave à certaines tendances mauvaises du gros capital, et nullement à l'esprit de progrès. Ce qu'il entrave, c'est cette disposition naturelle des maisons puissantes à absorber celles qui sont moins riches qu'elles, pour rester seules maîtresses du marché. L'institution des brevets d'invention, si imparfaite qu'elle soit encore, a du moins permis à plus d'un fabricant industrieux de grandir peu à peu, et de résister aux tentatives injustes des concurrents auxquels ils portaient ombrage; sans les brevets, tous ces petits fabricants dont les intérêts sont certainement respectables, et qu'un gouvernement éclairé voudra toujours protéger, ne pourraient résister à la concurrence. L'industrie, la fabrication se concentreraient peu à peu dans les mains de quelques maisons puissantes en petit nombre, de quelques sociétés financières qui, à cause de leur fortune exceptionnelle et des moyens d'influence dont elles disposeraient, sauraient bien se créer des monopoles, des priviléges, des immunités quasi perpétuelles (les sociétés, les grandes maisons ne meurent pas) bien autrement gênantes et coûteuses pour le public que les priviléges temporaires des brevets d'invention disséminés entre les mains d'un grand nombre de fabricants de fortunes diverses, concurrents entre eux, et se combattant généralement à armes à peu près égales.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

« Telles seraient les conséquences logiques, fatales du système que vous préconisez. Mon voisin fabrique des toiles peintes dont les nuances sont plus solides que ce qui a été fait jusqu'à présent, grâce à un procédé pour lequel il s'est fait breveter; un autre construit des wagons par des machines de son invention qui réalisent une notable économie; celui-ci fait des roues de voiture plus légères et plus solides; celui-là réussit à étirer l'aluminium en fils fins; moi-même j'ai lutté pendant dix ans pour faire adopter un appareil dont tout le monde niait d'abord l'efficacité, et dont maintenant les gens du métier ne sauraient se passer. Si ces procédés et bien d'autres, dont l'exploitation nous a permis de fonder avec quelques économies et beaucoup de persévérance des établissements modestes, il est vrai, mais qui marchent et s'élèvent peu à peu; si tous nos procédés, dis-je, étaient tombés dès leur naissance dans le domaine public, ils seraient allés (s'ils n'étaient restés en route) augmenter l'importance d'établissements déjà trop considérables dont nous n'aurions pu ni voulu affronter la concurrence, et au lieu d'être aujourd'hui les chefs de ces établissements de troisième et de quatrième ordre, qui ont bien leur utilité à divers titres, nous serions de petits rentiers à 1,000, 2,000, 3,000 fr., grâce à une indemnité. Pensez-vous qu'il y aurait avantage à cela, au point de vue de l'intérêt général? Pensez-vous que les fabricants brevetés d'aujourd'hui, qui occupent chacun 15, 30 ou 50 ouvriers, ne remplissent pas un rôle plus utile dans le mouvement industriel que tous ces petits rentiers-inventeurs que vous voulez faire? (Ajoutons que ces constructeurs forment autant d'ingénieurs ardents et expérimentés pour résoudre les problèmes que les divers industriels vont leur soumettre chaque jour.) Et remarquez ceci : vous demandez qu'on vous livre nos enfants encore à la lisière, mais qu'en ferez-vous? Vous ne vous en occuperez pas, vous les oublierez pour la plupart, ou vous les étoufferez parce que vous ne serez pas directement intéressés à les voir grandir, ou parce qu'ils vous importuneront. Voici le modèle d'un appareil nouveau qui présente certains avantages sur ceux existants; qui le construira? Aucun fabricant ne sera disposé à changer ses modèles, à travailler sur nouveaux frais, si ses confrères ont le droit de le copier dès qu'il aura réussi à faire adopter cet appareil. Vous prétendez, messieurs, que votre système hâterait le progrès, c'est le contraire qui aurait lieu si jamais il pouvait être adopté. Il engourdirait la pensée et ferait disparaître tout esprit d'initiative.

« Vous voulez bouleverser toute l'économie de la loi des brevets d'invention, parce qu'elle donne lieu à de nombreux procès. Il serait plus avisé, semble-t-il, d'apporter à cette loi certaines modifications indiquées depuis longtemps par des hommes très-compétents, au moyen desquelles

ces procès dont vous vous effrayez si fort pour nous deviendraient beaucoup moins nombreux. »

De la durée des brevets. La durée du brevet est un élément essentiel de sa valeur, et est pour le breveté un élément capital de succès. Si la durée est insuffisante, le brevet est nuisible ; il entraîne à leur ruine ceux qu'il devrait enrichir, il fait méconnaître des hommes utiles ; il fait condamner des œuvres qui eussent dû augmenter la fortune publique.

Voyons ce que dit la pratique actuelle, et les résultats de la durée de quinze ans adoptés jusqu'ici. « Pour apprécier sainement la question de la durée à assigner aux brevets, dit très-bien notre collègue M. Dumery, à la brochure duquel nous empruntons cet intéressant passage, il faut bien se pénétrer de la condition des inventeurs, si différente de celle des industriels qui prennent la suite d'une exploitation déjà créée et en plein rapport. Pour l'inventeur, l'inconnu partout et toujours ; et, chose digne de remarque, dans des œuvres capitales, l'inventeur n'appartient presque jamais à la branche d'industrie qu'il transforme.

« Au contraire, les améliorations de détail sont, on peut le dire, toutes entreprises par les gens du métier.

Que résulte-t-il de cette différence de conditions et de but?

« Que les perfectionneurs ont, en général, sous la main tous les éléments d'application de leur œuvre; qu'ils n'améliorent qu'avec opportunité, et qu'ils se placent presque toujours à la suite d'un succès.

« Pour les créations nouvelles, tout est à faire; aucun précédent n'existe, et de plus, pour réussir, l'inventeur doit toujours avoir recours à des moyens tellement disproportionnés, qu'à l'origine ces moyens équivalent à des impossibilités.

« Pour remplacer un fuseau d'une valeur de quelques centimes, il lui a fallu trouver des centaines de mille francs.

« Pour remplacer une chandelle de deux sous, l'inventeur a demandé des fourneaux, des cornues, des gazomètres, et il lui a fallu bouleverser les villes en tous sens pour placer ses tuyaux.

« Pour remplacer un morceau de toile et une perche de sapin, l'inventenr du steamer a demandé à changer les dimensions des bateaux, et il a dépensé mille fois la valeur de ce qu'il remplaçait.

« Pour supprimer une patache de quelques cents francs, l'inventeur de la locomotive a demandé des millions par centaines, pour une seule centrée, et, pour un pays, on a dû compter par milliards.

« Quelles sont les conséquences de cette différence entre la grande invention, l'invention à révolution et l'invention d'amélioration? Quelles sont les conséquences de la fâcheuse confusion

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

que nous en faisons? C'est que nous condamnons fatalement toutes les grandes œuvres à échouer par insuffisance de *durée*, tandis que le succès est assuré aux améliorations de détail ou aux objets que l'on serait tenté de considérer comme inutiles.

« Dans les grandes applications industrielles, que fait-on en quinze ans?

« On lutte, voilà tout! Qu'avons-nous jamais fait comme réalisation des grandes industries dans les quinze premières années?

« Quinze ans après la découverte du gaz, combien y avait-il de becs allumés?

« Quinze ans après l'invention de Fulton, combien possédions-nous de bateaux à vapeur?

« Quinze ans après l'invention de Sauvage, combien y avait-il de bateaux à hélice?

« Quinze ans après l'invention de Philippe de Girard, combien y avait-il d'usines à lin?

« Qu'avait fait le grand Watt lui-même quinze ans après la prise de son brevet?

« Rien que fournir des preuves!... Il a fallu en deux reprises porter son brevet à vingt-huit ans!

« Mettons en regard des résultats obtenus par des inventions que l'on peut appeler de second ordre.

« Le brevet d'une sonnerie électrique a été vendu 50,000 francs.

« Le brevet d'un bouton de gants a été vendu 60,000 francs.

« Le brevet d'une épingle à crochet 70,000 fr.

« Le brevet d'un fermoir de porte-monnaie a produit des millions à son auteur.

« Un autre, avec une pâte imitative d'écaille, s'est fait 50,000 fr. de rente.

« Un autre, avec une carcasse de robe, a gagné 500,000 fr. en deux années.

« Et pendant que ces œuvres éphémères produisaient tout ce qu'elles pouvaient produire, nous voyons des œuvres sérieuses, utiles, durables, péricliter, languir et tomber!

« Mais, nous l'avons dit, l'un peut agir seul, sans aucun concours : il ne relève que de lui ; l'autre a toujours besoin du concours de la société.

« L'un échappe à toutes les clauses restrictives ou correctionnelles qui ne l'atteignent jamais; l'autre est toujours certain d'être frappé par elles.

« L'un a sa moisson faite avant l'échéance des clauses restrictives; l'autre n'a même pas commencé à semer quand approche le fatal délai.

« L'objet du premier est abandonné par la mode dès les premières années de son brevet; le but du second n'est même pas encore connu quand sonne la déchéance.

« Tout allongement de *durée* n'est donc, en aucune façon, préjudiciable aux auteurs ni à la société, pour les inventions de deuxième et de

troisième ordre; au contraire, l'insuffisance de durée est fatale à toutes les entreprises de longue haleine.

« En adoptant une durée plus longue, les brevets futiles deviendront certainement trop longs; mais qu'importe! Le public les abandonne avant terme; les brevetés cessent de payer pour des titres dont ils ont joui pendant tout le temps qu'ils pouvaient exister.

« En adoptant des brevets trop courts, les inventions futiles ne cessent pas d'être satisfaites; ce sont les grandes choses de l'industrie, qui, seules, sont atteintes et frappées de mort. Mieux vaut donc s'exposer à pécher par la voie qui donne trop à l'industrie secondaire, mais qui a le mérite, au moins, de ne pas entraver les grandes œuvres.

« Cette voie, c'est la durée prolongée, c'est elle que la nouvelle loi doit inaugurer. »

Les Américains viennent de porter à dix-sept ans la durée de leurs patentes, en abaissant la taxe à 500 fr., ayant reconnu pratiquement l'insuffisance de la durée de quatorze ans dans le cas où le travail de l'inventeur méritait le plus d'intérêt. On ne saurait plus donner au chiffre de quinze ans qui n'est fondé sur rien, même l'autorité d'un consentement général.

Quelle est l'origine de cette durée de quinze ans dont la pratique démontre l'insuffisance pour le cas des grandes inventions? C'est le résultat de vieilles coutumes anglaises fixant deux périodes de sept années pour la durée de certains priviléges auxquels on a assimilé les brevets.

Dans un pays où toutes les idées sont tournées vers l'industrie, où les mœurs entourent d'une protection efficace les efforts consacrés par une patente, où toute nouvelle invention est de suite mise en lumière par d'excellentes publications spéciales, colportée par des agents de brevets capables d'en apprécier la valeur, et trouve de suite nombre de fabricants, de spéculateurs disposant de ressources considérables, prêts à en faire immédiatement l'exploitation sur une grande échelle, la durée de quatorze ans a paru n'être pas trop insuffisante pour que l'inventeur fût convenablement rémunéré par une exploitation exclusive de son invention pendant ce temps. Ajoutons encore que l'inventeur a le droit de réclamer, et que le parlement doit accorder et accorde constamment des prolongations de durée, si une période de quatorze ans a eté insuffisante pour récompenser les efforts de l'inventeur. Le sentiment bien nettement admis que celui-ci a droit à une rémunération convenable de ses travaux, fait tomber toute opposition. Chacun sait que la patente de Watt fut portée en deux fois de quatorze ans à vingt-huit, malgré ce que purent dire les partisans de l'intérêt de la société à faire tomber l'invention de la machine à vapeur dans le domaine public.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

Répétons encore qu'on luttera toujours difficilement contre l'industrie de l'Angleterre, si on ne fait passer dans nos mœurs ce respect des droits de l'inventeur, si profondément entré dans celles de ce pays, qui facilite l'adoption des mesures les plus convenables dans chaque cas particulier; si la vue fréquente de magnifiques succès, de grandes fortunes utilement acquises, ne vient pas exciter sans cesse l'énergie investigatrice de la nation livrée au travail producteur. Il faut, pour cela, que le droit de l'inventeur soit admis et respecté, et c'est dans le principe fondamental de ce droit que doit se trouver le moyen de déterminer d'une manière vraiment équitable la durée des brevets.

Il n'est pas possible par la détermination arbitraire d'une durée fixée à dix, quinze ou vingt ans, de donner une satisfaction complète au droit de l'inventeur. Une durée ainsi établie au hasard, d'après quelques cas particuliers, et appliquée à tous, pourra suffire pour récompenser largement l'auteur d'un perfectionnement applicable dans une foule de cas, d'un produit simple objet d'une grande consommation. Elle sera au contraire insuffisante pour des machines compliquées, pour des fabrications complexes, pour des œuvres de révolution, suivant l'heureuse expression de M. Dumery, qui exigent toujours beaucoup de temps et d'efforts pour être amenées à bien. Comment trouver une solution qui convienne simultanément à des œuvres qui n'ont absolument rien de commun, ni comme mérite, ni comme importance?

Si, au lieu de partir de l'œuvre, nous partons de l'inventeur, nous ne voyons pas de raison valable pour lui contester la jouissance pendant toute sa vie, des produits de son œuvre. Si celle-ci est un livre, un opéra, etc., le principe est admis par les législations de tous les pays; de quel droit le dépouiller au bout de quelques années, si son œuvre est une machine, un procédé applicable à l'industrie, c'est-à-dire une autre création du travail intellectuel?

Il serait temps cependant, qu'au lieu de considérer toujours l'inventeur comme un élément, en quelque sorte abstrait, du progrès industriel, on se préoccupât un peu de ses besoins. Il m'a toujours paru odieux, contraire à toute justice, qu'un inventeur pût végéter dans la misère, pendant que son invention fonctionne dans nombre d'ateliers. C'est à peu près ce que nous avons vu pour Philippe de Girard, l'illustre inventeur de la filature du lin à la mécanique. Il suffit, pour que cela ait lieu, que les années d'exploitation de son brevet se soient écoulées avant que des bénéfices suffisants soient venus compenser les dépenses antérieures, lui permettre d'accumuler un capital pour l'avenir, et que l'inventeur ait vécu plus de quinze ans après sa découverte! Admettrait-on que l'auteur d'un livre mourût de faim pendant que son ouvrage enrichirait des libraires, parce

que la première édition serait parue depuis quinze ans? Au point de vue des deux auteurs, la position est cependant identique dans les deux cas.

Lorsqu'une invention est le résultat du travail de chaque jour de la vie d'un inventeur (et nous ne parlerons ici que des grandes découvertes; nous avons déjà dit que pour les perfectionnements il n'y avait aucun inconvénient à ce que le brevet durât plus que l'invention), qui presque toujours finit par concentrer tous ses efforts dans un seul ordre de recherches; qu'elle est devenue sa gloire, son moyen de fortune ou d'existence, qu'il cherche sans cesse à la développer, à la compléter, car elle est souvent à peine ébauchée lorsqu'il prend son brevet, tout tremblant de se voir devancé ou trahi, et lorsqu'il faut encore souvent le travail de plusieurs années pour l'amener à bien, il est souverainement injuste et souvent très-préjudiciable à la société de la lui arracher violemment après quinze années, pour la lancer dans le domaine public. Cela peut satisfaire le sentiment athénien, trop commun parmi nous, qui nous rend jaloux de quiconque s'élève rop, quel que soit le talent ou le mérite qui en st la cause; mais ce serait précisément la justice d'une réaction contre cette malheureuse tendance qui me semble démontrer la valeur de la réforme que je propose. Elle ferait en droit, de l'invention brevetée, une propriété attachée à la personne de l'inventeur, comme elle en est inséparable en fait (bien entendu qu'il devrait continuer le payement de l'annuité de 100 fr. tant qu'il conserverait cette propriété), elle placerait à leur vrai niveau les hommes éminents auxquels sont dus de grands progrès, et ferait de leur succès même une cause puissante d'émulation et de travail.

Je crois donc qu'il serait juste de laisser l'inventeur propriétaire de son œuvre pendant sa vie, limite toujours respectée par les motifs énoncés plus haut pour la propriété littéraire, sans que la durée du privilége pût être de moins de quinze ou vingt ans, afin que la valeur n'en fût pas annulée et la famille ruinée, si l'inventeur mourait peu de temps après l'obtention de son brevet. Par des motifs analogues, la famille devrait conserver la jouissance du privilége quelques années après la mort de l'inventeur.

Limite de durée. — Après avoir tenté de montrer la nécessité d'augmenter la durée des brevets, il me faut dire pourquoi je n'admets pas la perpétuité de la propriété industrielle, réclamée avec tant d'esprit par M. Jobard, pourquoi je m'arrête devant la transmission par hérédité, du droit à la protection légale. Elle me parait très-admissible pour la propriété littéraire fondée sur un travail de l'auteur absolument de même nature que celui de l'inventeur, mais avec cette différence capitale que la propriété industrielle que confère le brevet a un caractère *privatif* que n'a pas la propriété littéraire. L'auteur d'un livre et ses héritiers ne réclament la propriété absolue d'aucune idée, d'aucune expression; en interdisant seulement la reproduction textuelle de son manuscrit, il ne gêne le travail d'aucun nouvel auteur, il lui est au contraire très-utile. Il apporte son contingent au domaine de la pensée, sans lui rien enlever absolument.

L'inventeur industriel ne peut, au contraire, exploiter son invention privilégiée sans enlever quelque chose au domaine public, sans s'approprier quelque chose qui n'est pas son œuvre.

En effet, si l'on analyse la manière dont le travail intellectuel accomplit un progrès industriel, on reconnaîtra bientôt, comme je l'ai dit au début de cette étude, que toute invention industrielle importante repose sur un progrès scientifique. Les deux œuvres pourraient à la rigueur être accomplies en même temps, mais dans la pratique elles sont presque toujours séparées. Ce sont les belles recherches de physique de Black sur la chaleur latente qui ont conduit Watt à sa belle invention du condenseur séparé, qui a surtout constitué la machine à vapeur dans son état actuel de perfection; ce sont les travaux de Jacobi, de Faraday, qui ont guidé Elkington pour lui faire trouver la dorure par procédé galvanique; ce sont les recherches sur l'électro-magnétisme d'Œrsted, d'Arago, et d'Ampère, qui ont fourni les éléments de la télégraphie électrique. On pourrait multiplier les exemples à l'infini, et toujours on retrouverait cette alliance féconde du mouvement progressif simultané de la science et de l'art, de la théorie et de l'application.

S'il en est ainsi, et sans traiter ici de la grave question de la rémunération des travaux du savant [1], jusqu'où doit s'étendre le droit de l'inventeur industriel qui ne peut se contenter d'interdire le surmoulage de la machine qu'il a imaginée, qui est obligé de poursuivre le principe de son fonctionnement, malgré toutes les variations de forme et d'apparence qu'elle peut recevoir? Il ne saurait aller évidemment jusqu'à l'appropriation du progrès scientifique, dont son invention est une application, qui a rendu sa découvert possible

(1) La question de la rémunération des travaux des savants est trop grave pour pouvoir être traitée ici accidentellement. Je dirai seulement que le sentiment public commence à s'éveiller et que l'on trouve notre société bien parcimonieuse à l'égard des savants de premier ordre lorsqu'elle n'a à leur offrir, à la fin de leur existence, que des traitements de professeurs de 6 à 7,000 francs, à la condition d'user leur vie dans un enseignement souvent pénible. Dans l'état actuel du développement de la richesse générale, ce ne serait pas trop d'une somme triple ou quadruple pour procurer à ces savants et à leurs familles l'existence matérielle à laquelle ils ont droit.

Nous avons l'espoir que justice leur sera rendue lorsque l'application de leurs découvertes sera reconnue plus clairement comme la cause principale de la création de la richesse. Je me permettrai d'indiquer plus loin comment on pourait faire remonter vers leur source première quelque partie des bénéfices produits par les applications de leurs découvertes.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

Je prendrai un exemple connu pour rendre ceci bien sensible.

M. Elkington réussit complétement la dorure à la pile, et cela en faisant emploi du cyanure d'or et de potassium, c'est-à-dire en accomplissant un progrès qui lui appartient et mérite à tous égards la protection de la loi. Avant lui, Faraday avait trouvé les lois de la décomposition des dissolutions métalliques à l'aide de la pile ; plusieurs personnes, le savant M. De la Rive (de Genève) notamment, avait doré quelques pièces. Par un progrès incontestable, un moyen d'opérer supérieur, M. Elkington s'est trouvé seul possesseur du procédé le plus convenable à la pratique de l'industrie, et par ce fait même a pu seul exploiter, à son profit exclusif, toutes les ressources que présente l'électro-chimie pour cette importante application ; autrement dit le brevet lui a assuré la jouissance exclusive de bien plus qu'il n'a inventé. Elle ne saurait être indéfiniment sa propriété et celle de ses héritiers.

C'est cette nécessité de l'appropriation d'une partie du domaine de la science par le fait d'inventions qui emploient nécessairement des éléments antérieurement connus, qui me paraît devoir être, en bonne justice, la raison déterminante d'une limite de la durée de la propriété de l'invention. Dieu me garde de voir dans ces motifs une cause qui autorise à nier le droit de propriété de l'inventeur, mais ils me semblent suffisants pour ne pas permettre qu'il lui survive, pour qu'ils se transmette indéfiniment de génération en génération, pour que les descendants de Watt, de Stephenson, de Jacquart, soient à perpétuité les propriétaires de la machine à vapeur, de la locomotive, de la Jacquart!

Je citerai un autre exemple dans les industries chimiques. Par suite de recherches dues à plusieurs éminents chimistes, par les progrès continus de la chimie organique, on est arrivé à la découverte d'un composé nouveau, de l'aniline. M. Verguin, de Lyon, en traitant ce corps par le bichlorure d'étain, a obtenu une magnifique couleur rouge, la *fuchsine*, d'une grande importance pour la teinture. Que sa découverte soit protégée, que le mode de production qu'il a trouvé n'appartienne pas à tous, cela est de toute justice; mais a-t-il droit de laisser à ses enfants une propriété qui en réalité comprend l'utilisation de tous les travaux qui ont conduit à la découverte de l'aniline sur laquelle elle repose, et à laquelle il n'a aucunement participé? Évidemment cela n'est pas admissible.

M. Chevalier arrive aux mêmes résultats, mais en tire d'autres conséquences :

« Un autre fait bon à citer ici, dit-il, c'est que constamment une invention, pour parvenir à l'état pratique, a fait plusieurs étapes, souvent dans des contrées très-différentes, et à plus forte raison par les soins et l'initiative de plusieurs personnes. Pourquoi et de quel droit le dernier venu dans la série de ces esprits inventifs s'attribuerait-il le profit du labeur de tous les autres, et recevrait-il un brevet qui lui en donnerait le monopole?

« Cette dernière observation se présente sous une autre forme où elle est plus saisissante encore, dix-neuf fois sur vingt ou quatre-vingt-dix fois sur cent, ce sont les travaux des savants qui fournissent le fond des inventions industrielles, et la substance des brevets[1]. Les savants s'abstiennent de prendre des brevets pour leurs découvertes scientifiques. Le texte de la loi française est même tel qu'ils ne seraient pas fondés à en avoir qui fussent valables. Or, si ceux auxquels revient la principale part dans les inventions restent en dehors du bénéfice des brevets, comment d'autres seraient-ils fondés à la revendiquer comme leur propriété exclusive?

« Telles sont les réflexions qui sont venues à un certain nombre d'hommes éclairés, depuis quelques années, et qui ont l'assentiment d'un bon nombre d'hommes les plus notables parmi les chefs d'industrie. Elles ont de l'écho dans tous les pays civilisés, et en Angleterre pour le moins autant qu'en France. Elles ne tendent rien à moins qu'à renverser le système même des brevets d'invention, sauf à rémunérer par une dotation spéciale tout homme ingénieux qui serait reconnu, après un certain temps d'expérience, avoir rendu à la société un service signalé par quelques découvertes. »

On sait que frappé d'un argument qui lui paraît, avec raison, établir sur des bases solides le droit de la société, M. Michel Chevalier en conclut la suppression du droit de l'inventeur. Ce n'est pas ainsi qu'il est permis d'agir en face de deux droits également respectables, c'est leur conciliation que l'on doit rechercher et non la destruction de l'un deux. Nous avons dit qu'il nous paraissait injuste de sacrifier le domaine public à l'inventeur en lui reconnaissant la propriété perpétuelle de son invention; l'autre exagération consistant à sacrifier le droit de l'inventeur au domaine public constitue une spoliation flagrante. La vérité nous paraît résider incontestablement dans la limitation de la durée du droit de l'inventeur qui, abandonnant l'exploitation secrète pendant laquelle son droit se perpétue sans conteste, vient réclamer la garantie sociale en faisant *connaître en détail* son invention *nouvelle*.

Je ne considère pas comme bien sérieuse l'objection qu'il n'y a pas de droit de propriété si celle-ci n'est éternelle, sa durée illimitée. Je ne sache pas que les possesseurs des actions de nos chemins de fer fassent fi de leurs titres qui

(1) Ceci est vrai pour les industries chimiques, mais généralement faux pour les industries mécaniques, où l'on ne découvre pas un corps nécessaire en quelque sorte, mais où l'inventeur crée une combinaison qui n'existe que par suite de ses efforts, qui n'est pas plus nécessaire qu'une tragédie de Racine.

se rapportent pourtant à des valeurs qui doivent faire retour à l'État dans moins d'un siècle. La propriété temporaire a un prix, un cours, et par suite est échangeable à volonté contre des propriétés d'une durée non limitée, si on le désire.

Examen préalable. — On n'a jamais contesté l'utilité d'un examen préalable des brevets, avant leur délivrance, examen fait par des hommes spéciaux, capables de constater la nouveauté d'une invention. Il a toujours été reconnu qu'il fournirait le moyen précieux de faire disparaître, par exemple, ces brevets absurdes de mouvement perpétuel, et autres fondés sur la répétition constante des mêmes erreurs et qui, colportés par des pauvres inventeurs exaltés encore par la délivrance d'un titre légal, font le plus grand tort à la valeur des brevets. Mais il a été généralement admis, en France notamment, que c'était là une utopie, et tout le monde a répété à l'envi que cet examen était impossible, vu la variété des inventions. Cependant tout fabricant expérimenté qui voit paraître une machine relative à son industrie, sait bien reconnaître si elle est nouvelle, en quoi elle diffère des essais auxquels il a assisté dans sa carrière, car pour toute question industrielle, le problème à résoudre est toujours nettement posé. Avec un nombre suffisant d'examinateurs spéciaux, de praticiens expérimentés, l'examen des brevets paraît donc pouvoir être fait dans des conditions parfaitement satisfaisantes. Ce point au reste n'est plus discutable; la prétendue impossibilité de l'examen préalable a été victorieusement réfutée par l'exemple des Américains (voy. INVENTION), qui ont trouvé les plus grands avantages à cette pratique, que toutes les nations industrielles devront imiter, si elles ne veulent se résoudre à reconnaître bientôt la supériorité de l'industrie américaine. Non seulement avec un corps d'examinateurs suffisamment nombreux et composé de spécialités convenablement choisies, ils sont parvenus à faire reconnaître par l'opinion publique la valeur, la nouveauté des brevets accordés, mais encore, ainsi qu'il est dit dans l'article auquel nous renvoyons, la disposition confiante du public en des titres ainsi accordés, entraîne le concours empressé des capitaux pour créer des établissements propres à réaliser l'invention brevetée, avec toutes les ressources de l'industrie la plus avancée et sur la plus grande échelle de production. C'est ainsi qu'ont été fondées les manufactures d'armes, d'horlogerie, etc., dont les produits sont venus, dans ces derniers temps, révolutionner les industries similaires de l'Europe, trop confiantes dans la supériorité que l'ancienneté semblait leur assurer.

Nous commençons à peine à comprendre les éléments de prospérité de l'industrie américaine, dont les progrès sont si rapides. Le principal est l'esprit de cette démocratie où chaque ouvrier, comme le disait M. Appleton (de Boston), à un congrès de l'Exposition de 1878, veut devenir millionnaire et y parvient souvent. Les sciences s'y cultivent surtout comme élément d'inventions fructueuses, ainsi que Morse, Bell, Edison l'ont montré par leurs belles découvertes. Enfin le système de patentes, émanant du même esprit, utilisant, à la fois, l'ardeur des inventeurs et l'expérience des examinateurs, a la plus heureuse influence sur la prospérité et les progrès de l'industrie des États-Unis; l'excellence du système en constitue une des bases essentielles, mais en attendant le jour, sans doute prochain, où ce progrès sera réalisé, je passerai en revue les garanties de la propriété industrielle, sans la condition de l'examen préalable, dans l'esprit de la loi défectueuse de 1844; ou au moins j'indiquerai comment on pourrait arriver à corriger partie de ses défauts. Ce ne peut être, on le verra, que par un appel aux personnes ayant des connaissances spéciales. Avant ou après la délivrance du brevet, leur concours est absolument nécessaire.

Garantie de la propriété des Brevets. — Les brevets d'invention délivrés sans examen préalable qui puisse établir leur valeur, ne sont en réalité que des certificats de priorité, des *actes de naissance* d'inventions présumées, un droit conditionnel de l'exploiter, exclusivement à tout autre, si elle est réelle, *si elle existe*, ce que le brevet ne garantit nullement. Lors donc que le breveté veut empêcher un contrefacteur d'empiéter sur ce qu'il croit être son droit, il intente un procès à cet effet; que doit faire le tribunal auquel est déféré le débat? *faire respecter la propriété justement acquise.* C'est la certitude que cette mission sera parfaitement remplie par les juges auxquels elle est confiée, qui fait la sécurité du breveté, la valeur de sa propriété.

Des tribunaux les plus convenables pour juger les procès en contrefaçon. — Quels sont les juges qui pourront le mieux remplir cette mission? N'ont-ils pas besoin de posséder des connaissances spéciales?

S'il ne s'agissait dans ces procès que de faire respecter un droit de propriété constaté par des titres positifs, certes nos tribunaux civils seraient parfaitement convenables pour les juger, pour empêcher le propriétaire de l'exploitation privilégiée d'être dépouillé des bénéfices qui lui appartiennent légitimement, d'autant plus que les questions de droit engagées sont en général assez simples, et sont un jeu pour des magistrats expérimentés. Mais il s'en faut de beaucoup que les titres que l'on présente soient incontestables ; tout au contraire, comme nous venons de le dire, ces titres ne sont que présumés tout au plus. On doit faire respecter la propriété du breveté, mais seulement *si elle est justement acquise, si elle repose sur un droit réel*; on doit condamner la partie accusée

ECONOMIE INDUSTRIELLE.

de contrefaçon, si cette *contrefaçon existe*, si le procédé industriel pratiqué par le contrefacteur présumé est le même que celui breveté.

En d'autres termes, le jugement en droit doit nécessairement être précédé d'un jugement en technologie; il faut décider si le procédé breveté est nouveau, si le titre est valable, car il ne peut y avoir usurpation d'un droit qui n'existerait pas. Là est la grande, l'immense difficulté des procès relatifs aux brevets. Les jugements en contrefaçon constituent un véritable mode de confirmation du titre, ou plutôt créent la valeur du titre même, et celle-ci ne peut être déterminée que par un jugement en technologie, qui exige évidemment des connaissances fort étendues à cause de la variété indéfinie des opérations et des procédés de l'industrie.

De quelles connaissances s'agit-il ici? De toutes celles qui constituent les sciences industrielles, c'est-à-dire de toutes les sciences de la nature prises au point de vue des applications, de toutes les méthodes qu'enseigne la pratique des ateliers. Que l'on jette un coup d'œil sur quelques ouvrages traitant de ces matières, et l'on aura bientôt reconnu, si par hasard on ne le savait pas d'avance, qu'il s'agit d'études qui demandent des vies de savants et de travailleurs. Qu'on examine, par exemple, les ouvrages sur la mécanique de M. Poncelet, ses admirables cours de Metz sur la théorie des moteurs, son rapport sur l'histoire des inventions des mécanismes, qu'il a fait paraître dans le rapport de la commission française à l'exposition de Londres, et nous défions que l'on puisse nous citer une plus forte intelligence mieux employée que celle de cet illustre savant, dans tous ces travaux, cependant presque exclusivement consacrés à des questions de mécanique industrielle, c'est-à-dire à une partie seulement des connaissances dont nous avons parlé. Lorsque la chimie, la physique industrielle, comprenant entre autres questions capitales, celle de la production et de l'emploi de la chaleur dans les arts, la cinématique comprenant les questions si délicates et si complexes des entrelacements produits par le tissage, etc., offrent de semblables séries de travaux, sera-t-il réellement permis de croire, qu'avec un peu de bon sens et de facilité, il soit possible de se dispenser de l'étude de sciences qui renferment la clef des solutions de tous les problèmes industriels? Cependant c'est ce que suppose le renvoi de ces procès devant les tribunaux civils; c'est admettre que des magistrats dont l'éducation est toute juridique, c'est-à-dire d'ordre essentiellement philosophique, pourront, sans la connaissance des sciences positives qui demandent de longues études, je dirai même des esprits d'une autre nature, sciences qu'en tout cas ils n'ont pas eu le loisir d'étudier, porter aisément des jugements d'ordre technologique? Évidemment cela est impossible, et reconnu par les magistrats eux-mêmes. Comment un honorable magistrat qui arrivant juge à Paris, après une carrière de dix ou quinze années dans des tribunaux où jamais il n'aura entendu parler de brevets, de questions d'industrie dont son éducation spéciale, ses travaux juridiques l'auront tenu complétement éloigné, pourra-t-il, par l'audition de quelques plaidoiries sur des questions complexes, deviner aussitôt les sciences industrielles, s'assimiler des connaissances que n'épuisent pas de fortes intelligences qui y consacrent toute leur vie? En réalité, avec la meilleure volonté, de semblables études faites trop tard, qui ne sont pas basées sur une éducation première spéciale, ne conduiront jamais à voir clairement la vérité dans l'ordre des questions industrielles, des esprits façonnés à d'autres études. C'est vouloir apprendre à jouer du piano à quarante ans; on sait quel artiste on peut devenir.

Dans la pratique actuelle, le tribunal cherche à s'éclairer par un rapport d'experts sur le point technique. Les résultats ainsi obtenus ne sont pas satisfaisants, de l'aveu général. La difficulté de choisir des experts spéciaux pour chaque cas donné, ce qui suppose une connaissance des travaux, des recherches faites dans les diverses directions de la science industrielle; le refus des hommes éminents d'accepter des fonctions qui les exposent à être attaqués dans de longues plaidoiries; ces motifs et bien d'autres font que dans la pratique le tribunal ne se considère pas comme plus engagé moralement, qu'il ne l'est en droit, par des rapports d'experts. Il n'a en ces travaux, le plus souvent, qu'une confiance très-limitée, et après les avoir entendu discuter par des avocats qui apportent d'autres éléments, d'autres affirmations, souvent il leur donne tort.

En résumé, le tribunal est forcé d'apprécier un rapport dans lequel il a plus ou moins de confiance, de prononcer entre des allégations contradictoires de savants dont on a été rechercher les avis; en réalité, de juger des questions qu'il ne peut connaître à fond. C'est là une position fausse, et qui de l'aveu général, avec l'accroissement incessant du nombre de procès relatifs à des découvertes industrielles, ne peut durer plus longtemps.

On a proposé de remplacer les experts par un jury spécial pour les brevets d'invention. Ce système, outre les difficultés qui se présenteraient souvent pour séparer nettement la question technologique et la question juridique intimement liées ensemble, ne donnerait pas encore aux brevetés toute la sécurité désirable. L'inexpérience d'un jury composé de membres tirés au sort, n'ayant pu se mettre au courant des brevets existants, ignorant la tradition, les faits antérieurs, conduirait fréquemment à des résultats regrettables; la décision d'un jury viendrait souvent contredire la décision d'un jury précédent. Ce serait une institution moins bonne, je crois,

que celle dont je vais parler, mais infiniment préférable à ce qui existe, et je dois rapporter ici les excellentes paroles prononcées par M. Odilon Barrot, lors de la discussion de la loi de 1844, et qui eussent sans doute décidé un grand progrès, si la discussion de la loi n'eût déjà fatigué la Chambre lorsqu'elles furent prononcées. « Si le « jury n'était pas créé, a-t-il dit, il faudrait l'or- « ganiser spécialement pour ces sortes d'affaires ; « car il y a un grand nombre de difficultés dans « la définition de ce qui constitue l'invention ou « le perfectionnement, une appréciation telle- « ment arbitraire et étendue, qu'en vérité on ne « sait comment ramener toutes ces questions à « des formes de juridiction ordinaires. Un tribu- « nal est saisi d'une action en contrefaçon, il « renvoie à des experts spéciaux, constituant un « jury non responsable ; la responsabilité flotte « incertaine entre les experts ainsi constitués et « le tribunal qui prononce en définitive. Il vau- « drait mieux que la responsabilité morale fût « concentrée dans un jury spécial, tout à la fois « scientifique et industriel, composé de telle ma- « nière qu'il offrirait tout à la fois des garanties « à la société et à l'inventeur. Déjà l'institution « du jury a été appliquée aux affaires d'expro- « priation pour cause d'utilité publique, qui sem- « blaient comporter beaucoup moins cette inno- « vation que les questions relatives à la propriété « industrielle. »

La constitution d'un jury industriel avait été admise, et par la commission qui fut chargée d'étudier une nouvelle loi de brevets en 1828, et par celle qui compléta les travaux de la première en 1833. On voit comment l'étude sérieuse de la question ramène toujours à cet ordre d'idées.

Le remède complet à tous les inconvénients se trouverait dans la constitution d'un tribunal industriel spécial, composé de savants, d'ingénieurs, de fabricants expérimentés, réunissant sûrement toutes les lumières du jury spécial dont il vient d'être parlé, mais de plus se consacrant à cette œuvre avec une suite qu'on ne saurait demander au jury. Divisé en trois sections : arts chimiques, arts mécaniques, arts textiles, composé de membres ayant des connaissances technologiques étendues, complétées par la tradition, les travaux de chaque jour provoqués par les procès qu'ils auraient à juger, ce tribunal serait parfaitement apte à apprécier la nouveauté des inventions, les cas de contrefaçon ; et quant à l'application de la loi, la pratique lui aurait bientôt enseigné les connaissances juridiques nécessaires.

« L'établissement d'un tribunal spécial, et qui « aurait connu et des procès en nullité et en dé- « chéance, et des procès en contrefaçon, offrirait, « dit M. Renouard, d'*incontestables* avantages. « Les difficultés d'organisation, la crainte de su- « perposer à toute l'industrie un tribunal trop « puissant (objection dont la valeur douteuse est

sûrement nulle dans le cas où ce tribunal a le caractère consulaire, comme je le propose plus « loin) ont empêché cette innovation si considé- « rable de se formuler et de se produire. »

Passons en revue quelques-uns des avantages incontestables que présenteraient ces tribunaux.

1° Étant composés de personnes parfaitement compétentes, leurs arrêts offriraient toutes les chances possibles d'excellente justice. Les savants qui en feraient partie seraient aidés par les jeunes savants les plus habiles dont ils suivent les travaux, et qu'ils sauraient désigner comme experts, pour résoudre les problèmes scientifiques qui pourraient être soulevés. Les vieux fabricants qui, pendant toute une carrière, ont vu se succéder bien des inventions, reconnaîtraient de suite le nouveau progrès réalisé, ne le confondraient jamais avec la résurrection d'un vieux procédé.

2° La tradition qui s'établirait dans un corps organisé, animé de l'esprit du travail créateur qui se rencontre chez les savants et les fabricants de premier ordre, et qui est distinct de celui du commerçant et du jurisconsulte, ferait, de la succession des arrêts, de la jurisprudence de semblables tribunaux, la loi scientifique de l'industrie proclamée par des corps qui en formeraient dignement le couronnement, étant composés des plus dignes représentants de la science et de la pratique industrielle. Leurs travaux éclaireraient l'industrie tout entière en indiquant nettement les derniers progrès accomplis. Enfin, des arrêts clairement motivés, reposant sur les principes incontestables de la science la plus positive, et par suite fermement maintenus, assureraient complétement la sécurité, qui est la condition à laquelle il faut satisfaire a tout prix ; car mieux vaudrait mille fois supprimer les brevets que de ne pas les protéger efficacement, et par suite conduire sûrement l'inventeur à sa ruine.

Remarquons bien que ces avantages ne sont possibles que pour des tribunaux réels, complets, disposant de tous les moyens d'action qui sont tout à fait nécessaires pour arriver à la découverte de la vérité, accueillant les discussions, les enquêtes, les plaidoiries, auxquels aucune ressource d'aucun genre ne fera défaut.

Que l'on visite les riches collections du Conservatoire des arts et métiers ; en y voyant accumulées les archives de l'industrie, en se rendant compte des travaux divers des savants professeurs qui tendent à y constituer une *Sorbonne industrielle*, on arrivera bientôt à la conviction que c'est là que devrait être placé le tribunal industriel. Les laboratoires, les salles d'expériences de mécanique, les modèles, les dessins, les archives, la bibliothèque, etc., sont des instruments aussi excellemment accumulés pour éclairer un pareil tribunal que pour répandre l'enseignement. Tout y est disposé pour apprécier la valeur d'une invention, pour constituer un véritable bureau de

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

poids public propre à donner la valeur de toute découverte; la question de sa nouveauté ne sera-t-elle pas aussi mieux appréciée là que nulle part ailleurs?

Nous croyons que la nécessité de tribunaux industriels spéciaux ne pourra échapper à aucun bon esprit. Nous ajouterons, de plus, qu'ils doivent être analogues aux tribunaux de commerce, c'est-à-dire être formés de membres élus par les industriels, si on veut les améliorer encore, leur donner une qualité essentielle qui me paraît de la plus haute importance, celle d'être essentiellement convenables pour faire naître les transactions. C'est ce que je vais m'efforcer de faire apprécier.

De la conciliation dans les procès relatifs aux brevets d'invention. — La première loi de 1792 sur les brevets d'invention faisait précéder toute procédure devant les tribunaux d'une action en conciliation par-devant le juge de paix. Dans la loi de 1844, on a renoncé à un mode de procéder qui n'était plus possible avec le grand nombre de procès en contrefaçon, la multiplicité et l'importance des questions industrielles, et qui devait former un trop lourd fardeau pour la juridiction paternelle des juges de paix.

Il est facile d'établir que le principe posé par les premiers législateurs était excellent, bien qu'ils n'aient pas trouvé le mécanisme convenable pour l'appliquer, et que c'est à tort que la loi de 1844 comme la nouvelle l'ont abandonné, pour placer les procès en contrefaçon dans la sphère des procès civils ou correctionnels, pour mener les plaideurs dans des régions où les transactions sont peu connues.

Lorsqu'un procès est engagé entre deux inventeurs de bonne foi, ce qui est le cas général, le seul d'ailleurs qui puisse être l'objet d'une étude spéciale (le vol frauduleux, l'abus de confiance étant du ressort simple et direct de la police correctionnelle, devant laquelle il doit toujours être renvoyé par tout tribunal industriel, comme le fait le tribunal de commerce lorsque la banqueroute frauduleuse lui apparaît), les deux inventions ne peuvent être absolument identiques. Deux esprits différents produisent nécessairement des œuvres distinctes en quelque partie, souvent plus qu'il ne paraîtrait possible pour atteindre un résultat semblable, vu la complication des moyens qui permettent d'y arriver pour la solution de problèmes très-complexes, comme c'est le cas de grand nombre d'inventions industrielles, par exemple celles relatives aux tissus. De telle sorte qu'il arrive en général dans les cas les plus difficiles, dans ceux où la conscience du juge a le plus de peine à reconnaître si les procédés de deux inventeurs sont les mêmes, lorsqu'il est presque impossible de bien juger en détruisant complétement les droits soit du premier, soit du second inventeur, que chacun d'eux reconnaît très-bien les avantages qu'il y aurait à réunir les deux brevets pour atteindre plus sûrement le but vers lequel tendent leurs efforts, pour obtenir des résultats presque toujours nuls tant que le succès n'est pas complet, tandis qu'ils sont bien suffisants dans ce cas pour récompenser les deux inventeurs.

Si je me suis fait comprendre, on reconnaîtra ce que savent bien tous les bons esprits qui ont étudié des questions de brevets en qualité d'arbitres, d'experts, etc., qu'une transaction convenable est la vraie solution dans plus de moitié peut-être des procès relatifs aux brevets entre inventeurs de bonne foi.

Je prendrai pour exemple un procès qui a fait assez de bruit, et qui, jugé dans deux sens opposés par les tribunaux, ce qui montre bien que la vérité était difficile à trouver, ne pouvait, à mon avis, se terminer d'une manière tout à fait juste et équitable que par une transaction amiable, celui des baromètres anéroïdes de M. Vidi.

Ce constructeur, reprenant la recherche de l'établissement d'un baromètre sans mercure, inutilement tenté par Conté, y parvint après beaucoup d'efforts. L'instrument de son invention consiste en une boîte métallique parfaitement close, dont la face supérieure, mince et plissée, se rapproche ou s'éloigne du fond, en raison des variations de la pression atmosphérique. Ces variations sont enregistrées à l'aide d'une aiguille, tournant sur un cadran, que font mouvoir les petites variations de la surface plissée.

Pendant ce temps, M. Bourdon, habile constructeur de machines à vapeur, était arrivé de son côté à construire son ingénieux système de manomètres métalliques pour enregistrer les pressions de la vapeur dans les chaudières. Ce manomètre consiste essentiellement en un tube aplati et formant presque un cercle, qui reçoit de la vapeur dans son intérieur. Les deux faces opposées de ce tube n'étant pas d'égale étendue, tout accroissement de pression le fera changer de courbure relativement à la position d'équilibre antérieurement prise, sous l'influence de la pression intérieure et de l'élasticité du métal. L'extrémité du tube, directement ou par son action sur un système faisant tourner une aiguille, marque sur un cadran la pression qu'il s'agit de mesurer.

Ce systéme a eu un grand succès, et il était naturel de l'appliquer à la construction de baromètres métalliques en employant une disposition semblable; c'est à quoi M. Bourdon réussit bientôt parfaitement.

Poursuivi en contrefaçon par M. Vidi, il fut jugé qu'il n'était pas contrefacteur, et son adversaire débouté de sa demande. La différence des dispositions adoptées pour exécuter un appareil plusieurs fois cherché, fut jugée suffisante pour constituer deux inventions distinctes.

Quelques années plus tard, M. Vidi, ayant poursuivi de nouveau M. Bourdon, et son habi-

ECONOMIE INDUSTRIELLE.

avocat, M. Sénard, ayant fait valoir et les efforts de son client pour constituer un appareil nouveau et la triste récompense que recevaient ces efforts, puisque toute la vente était passée chez M. Bourdon, dont l'appareil était plus sensible, plus facile à établir, mais qui n'eût sans doute pas construit son appareil s'il n'avait pas connu le baromètre anéroïde inventé plusieurs années auparavant, gagna cette fois son procès. Le tribunal, obligé de tenir compte des dommages éprouvés par M. Vidi par suite du grand nombre d'appareils construits par M. Bourdon depuis le premier jugement, en raison de leur bonté même, condamna ce constructeur à 25,000 fr. de dommages et intérêts envers M. Vidi.

Sans parler ici du singulier résultat, fréquent avec la loi actuelle des brevets, d'un inventeur qui perd et gagne alternativement le même procès, un des résultats les plus étranges et qui exige le plus impérieusement, de l'avis général, un remède efficace (remède difficile avec un grand nombre de tribunaux appelés à juger des inventions appliquées dans un grand nombre de villes); pour nous en tenir au point que nous examinons, ne paraît-il pas que les deux jugements contradictoires sont également regrettables; qu'un arrêt parfaitement satisfaisant était dans ce cas tout simplement impossible? La disposition de M. Bourdon étant, tout au moins, un perfectionnement essentiel de celle adoptée par M. Vidi, on ne pouvait voir indifféremment, soit ce dernier privé de tout résultat de ses efforts par suite de la libre exploitation du premier, soit M. Bourdon puni pour avoir réalisé un véritable progrès.

N'est-il pas évident qu'une transaction qui eût fait une part à chaque inventeur dans l'exploitation de l'instrument le plus parfait, était la véritable solution, comme dans tous les cas où la seconde invention est un perfectionnement si notable de la première, qu'elle se rapproche beaucoup d'une nouvelle découverte, et n'eût-on pas dû y amener les parties si elles s'étaient rencontrées dès l'origine dans les conditions propres à la faire naître, et qu'il nous reste à examiner?

Des tribunaux consulaires. — Bien des lecteurs seront tentés de nous dire qu'on n'en arrive à un procès qu'après des tentatives de conciliation, que par suite nos observations à ce sujet sont sans valeur. A cela, comme pour établir les conditions les plus convenables de l'organisation propre à la faire naître, nous répondrons non par des raisonnements, mais par des faits.

Lorsqu'un procès est engagé devant le tribunal de commerce, c'est que les voies de conciliation sont également épuisées pour des difficultés résultant de transactions commerciales, et pourtant, en prenant les chiffres indiqués par les présidents du tribunal de commerce de Paris dans leurs rapports annuels, on voit qu'un très-grand nombre d'affaires se sont terminées dans le cabinet du juge. On peut dire, en laissant de côté les nombreuses affaires qui doivent nécessairement donner lieu à une condamnation, comme les poursuites sur billets protestés, que la très-majeure partie des affaires qui pouvaient être conciliées l'ont été.

Entrons dans quelques détails sur la manière dont les choses se passent, pour les personnes étrangères aux affaires commerciales. Supposons, par exemple, qu'une difficulté s'élève entre un éditeur et un imprimeur au sujet d'une facture d'impression que le premier trouve trop élevée. Les parties sont renvoyées devant un juge connaissant parfaitement la matière, le plus souvent imprimeur ou éditeur lui-même, qui les reçoit dans son cabinet. Là, après les explications des parties, le débat se trouve bientôt circonscrit sur un certain nombre de points sur lesquels on n'est pas d'accord, ce que rend facile la communauté de connaissances spéciales des parties et du juge. C'est alors qu'il devient aisé à celui-ci d'apprécier de quel côté est l'exagération la plus manifeste, et la montrant clairement, expliquant qu'il payerait sans difficulté le prix qu'il indique, faisant valoir à l'autre partie l'avantage d'éviter les ennuis d'un procès que les commerçants redoutent avec tant de raison, il fixe les bases d'une transaction qui est presque toujours adoptée.

Comment pourrait-il en être autrement? Elle répond à l'appréciation d'une personne parfaitement compétente, désintéressée, honorable; mais de plus, ce qu'il faut bien remarquer, elle sera très probablement conforme au rapport que fera le juge à ses collègues et par suite au jugement qui devra intervenir. C'est un motif déterminant pour quelques mauvais esprits, mais le premier suffit presque toujours.

Cet excellent résultat provient de la parfaite compétence d'un tiers ayant le caractère de juge, de ce qu'il s'agit des questions qui l'occupent lui-même chaque jour. Comment pourrait-il indiquer à première vue les bases d'une transaction, s'il avait besoin d'études spéciales dans chaque cas pour arriver à la vérité? La lumière qui ne peut se faire tout au plus qu'à la fin d'un procès, après étude, discussions, plaidoieries, pour le juge consciencieux mais étranger à l'ordre de questions agitées, se montre dès le début à celui qui est familier avec elles, avant que les frais, les blessures d'amour-propre aient rendu toute transaction impossible.

Cet exemple si saillant, que nous fournissent les tribunaux consulaires appelés à décider dans les questions commerciales, montre clairement comment les transactions dont nous avons montré la nécessité deviendraient possibles dans les procès relatifs aux brevets d'invention : ce serait et ce ne pourrait être que si les juges étaient parfaitement au courant des questions industrielles, animés du même esprit, vivant de la même vie

que les parties, en un mot si les procès de brevets étaient jugés par des tribunaux consulaires industriels, formés des fabricants, des ingénieurs les plus capables, désignés par leurs pairs qui ont su les apprécier; c'est-à-dire élus par le choix des notables industriels, des savants et des ingénieurs, inscrits sur une liste analogue à celle des notables commerçants qui élisent les tribunaux de commerce.

Croit-on que si un des hommes qui, comme MM. Hébert, Deneirousse, etc. ont attaché leur nom à la plupart des essais tentés pour rapprocher le tissage mécanique du cachemire français de celui de l'Inde tissé à la main, faisait partie du tribunal chargé de juger un procès relatif à des inventions tendant à ce même but, objet de recherches d'une multitude d'inventeurs, il ne pourrait pas, avec une grande autorité, déterminer une transaction souhaitable dans un cas donné? Ne saurait-il pas faire la part de chaque inventeur, leur montrer les bons résultats que leur accord pourrait produire, la distance à laquelle ils sont encore de la solution complète du problème, et par suite, modérant leur confiance dans l'importance des bénéfices à partager, les amener à un accord profitable?

Cela nous semble incontestable, et nous croyons être fondé à considérer comme démontrées les deux propositions suivantes :

1° Une transaction est très-souvent la véritable solution des procès en contrefaçon; il en est ainsi presque toutes les fois que les deux inventeurs, entre lesquels a lieu le débat, sont tous deux inventeurs sérieux et de bonne foi;

2° Les juges d'un tribunal consulaire industriel, constitué spécialement pour connaître des procès en matière de brevet d'invention, peuvent mieux que tous autres opérer de semblables conciliations, toutes les fois qu'elles sont possibles.

Parlerai-je de la rapidité de l'expédition des affaires par la justice consulaire, si précieuse pour les industriels; des avantages de la constitution d'agréés spéciaux dont plusieurs avocats qui s'occupent surtout de brevets, plusieurs agents pour la prise des brevets, seraient les premiers titulaires naturels et qui seraient si utiles pour l'expédition rapide des affaires, en renfermant les débats dans leurs véritables limites? Dirai-je que le greffe du tribunal industriel serait le véritable lieu où devrait se faire le dépôt des nouveaux brevets, titre légal et non administratif? Toutes ces conséquences sont trop faciles à apprécier pour qu'il y ait lieu à insister en ce moment; mais pour qui est au fait des questions de brevets, l'utilité évidente de semblables créations fournit autant de vérifications de la vérité du système que je soutiens ici.

Deux objections ont été faites :

1° L'élection ira-t-elle chercher les plus capables, les personnes les plus propres à compléter le tribunal? Je réponds oui, sans hésiter, d'après

ECONOMIE INDUSTRIELLE.

l'exemple du tribunal de commerce de Paris, qui fonctionne admirablement sous ce rapport. Il recherche lui-même les adjonctions qu'il désire et propose aux électeurs une liste qui est toujours adoptée par eux avec empressement, car elle es constamment la meilleure possible;

2° Pourra-t-on exiger de juges non payés un travail aussi assidu que celui qu'exigeront ces assises industrielles? Je le crois; mais qui empêcherait de prélever sur les produits de la taxe des brevets la valeur de jetons de présence d'un prix assez élevé? Je n'y verrais qu'avantage et justice.

En Angleterre, où les tribunaux consulaires sont inconnus, et où le jugement par jurés est tout à fait dans les mœurs du pays, les mêmes inconvénients se sont révélés qu'en France, et on a cherché comment on pourrait remédier à l'insuffisance de la juridiction. Un jurisconsulte distingué, sir H. Cairns, a saisi la Chambre des communes de cette question et a, avec un grand succès, indiqué le remède que la pratique adoptera très-probablement sous peu. Nous avons là un exemple précieux à suivre, aussi je donnerai ici un extrait de son discours.

« La question des jurés est extrêmement grave. Une personne me racontait l'autre jour que dans un procès relatif à une patente pour un télégraphe électrique, après deux ou trois jours de discussion fatigante, après l'audition de plusieurs experts pour chacune des parties, les jurés prirent leurs chapeaux et déclarèrent ne pas vouloir s'occuper davantage d'une question à laquelle ils ne pouvaient absolument rien comprendre. (Rires.) Je crois que souvent les jurés eussent pu justement faire de même dans bien d'autres cas; manquant des connaissances nécessaires pour juger la question qui leur est soumise, ils sont forcés de s'en rapporter complétement à des experts, et ils se décident le plus souvent parce qu'ils ont plus de confiance dans les experts d'une partie que dans ceux de l'autre, rarement par un jugement qui leur soit propre. Pour remédier à cet état de choses, j'ai entendu proposer de remplacer le jury ordinaire par un autre composé d'experts, c'est-à-dire de personnes engagées dans le genre particulier de fabrication avec lequel la patente a des rapports. Mais on trouverait probablement que dans le plus grand nombre de cas, un semblable tribunal serait le plus mauvais de tous, parce qu'il serait formé des rivaux commerciaux du patenté, c'est-à-dire des personnes qui auraient le plus à souffrir dans leur commerce des effets de sa patente.

« Une proposition d'un caractère différent a été faite, qui me paraît très-digne d'attention. La Chambre sait que dans les affaires d'amirauté, quand s'élève une question qui a un caractère technique, le juge s'associe, comme assesseurs, quelques anciens *frères de la Trinité*, qui ont une grande expérience de ces affaires, des cas de col-

lision par exemple. Il a donc été proposé, au lieu d'un jury soit ordinaire, soit scientifique, d'adjoindre au juge comme assesseurs, dans les procès en contrefaçon, trois ou quatre personnes ayant des connaissances scientifiques générales, dégagées d'intérêts commerciaux, et par leurs études et la tournure de leur esprit disposées à s'appliquer facilement à l'étude de toute branche des sciences, des arts et des manufactures. Avec leur assistance, grâce à sa connaissance de la loi et des règles de l'évidence, le juge pourrait conduire une action de cette sorte d'une manière satisfaisante à la fois pour les patentés et le public. Je n'exprimerai aucune opinion sur ces propositions, mais je dirai seulement qu'au milieu de ces suggestions diverses, il est évidemment désirable qu'une commission examine d'une manière générale la question des patentes pour arriver au système le plus satisfaisant.

« Au dehors existe une énergique demande d'enquête sur le mode de fonctionnement du système des patentes ; j'espère donc que la Chambre voudra bien accueillir la motion que je viens de lui soumettre. Si la commission qui sera nommée trouve la véritable voie, je serai bien heureux de voir le Parlement adopter les mesures qu'elle lui proposera, et qui seront un bienfait considérable pour les inventeurs et fabricants du pays, et par suite pour le public tout entier. » (Applaudissements.)

Publication immédiate des spécifications. — Lors de la nouvelle loi anglaise sur les brevets, un homme fort ingénieux, M. Bennett Woodcroft, proposa d'entrer dans une voie toute nouvelle pour porter les spécifications à la connaissance du public. Au lieu des descriptions plus ou moins écourtées publiées en Angleterre par les agences de patentes, au lieu de gros volumes renfermant des descriptions également incomplètes, et paraissant bien longtemps après la délivrance des brevets, comme en France, il proposa de publier les spécifications *in extenso*, avec le *fac-simile* des dessins annexés, aussitôt la délivrance des patentes ; avec la condition spéciale que chacune d'elles fût publiée et vendue isolément et à un prix minime. Là était l'idée lumineuse, de suite comprise par la commission du Parlement, et dont l'application produisit les plus heureux effets. M. Bennett Woodcroft chargé de la publication, d'appliquer son idée (toujours le système anglais de se servir de l'individu spécial, au lieu de tout ondre dans une administration anonyme, comme ous tenons toujours à le faire en France), est onsidéré comme un des hommes qui ont rendu n des plus éminents services à l'industrie anlaise. Aujourd'hui, tous les brevets qui ont été délivrés depuis l'origine de la loi des patentes sont publiés *in extenso*, catalogués par M. Woodcroft ; et toute personne qui s'occupe d'une question technique, a, pour quelques schellings, le texte de tous les brevets, la description de tous les essais qui peuvent l'intéresser. Un de nos amis a dépensé 900 francs pour avoir des copies, accompagnées de croquis, des brevets français qui se rapportent à la fabrication des pianos, dont il avait besoin à chaque instant, et que lui et ses confrères se fussent procurés pour 25 francs dans le système anglais.

Je rapporterai ici ma communication à la Société d'encouragement sur cette question, sur laquelle je crois inutile d'insister de nouveau, car le succès a été complet. Toutes les Sociétés savantes ont joint leurs efforts aux nôtres. La commission du Corps législatif a adopté avec empressement l'idée d'une semblable publication pour la France et elle passera sûrement dans le premier remaniement de la loi des brevets qui sera fait en France. Peut-être même un ministre intelligent n'attendra-t-il pas jusque là ! Son utilité sera très-grande, si on ne la paralyse pas par une exécution trop lente, si l'on n'attend pas que les brevets soient trop vieux pour que leur publication offre un intérêt réel.

Société d'encouragement pour l'industrie nationale. — Extrait du procès-verbal de la séance du 22 décembre 1858.

M. Ch. Laboulaye, membre du comité des arts mécaniques, donne lecture de la note suivante :

« Je demande la permission d'entretenir un instant la Société d'encouragement des admirables résultats obtenus en Angleterre par le nouveau système d'impression immédiate des patentes à mesure de leur délivrance, qui a été adopté depuis la dernière loi et s'applique déjà à 30,000 ou 40,000 spécifications[1]. Sur l'annonce de ce système, nous en avions pressenti l'importance, et, dans nos observations au sujet du nouveau projet de loi sur les brevets d'invention, nous demandions que l'on imitât en France un mode de publication aussi libérale. Mais, depuis que M. l'agent de la Société a bien voulu acquérir quelques exemplaires de ces spécifications anglaises, nous avons été si frappé des avantages qu'il doit procurer, si on le compare au système suivi en France, ils saisiront si vivement chacun de vous à la seule inspection de ces brochures, qu'il me semblerait utile que la Société d'encouragement pour l'industrie nationale prit quelques mesures spéciales pour chercher à faire réaliser un mode de publication qui me paraît être un très-grand progrès.

« Permettez-moi d'entrer dans quelques détails à cet égard.

« Quelle que soit la loi qui régisse les brevets d'invention, quel que soit le tribunal chargé de faire respecter les priviléges des inventeurs ; que ce soit le tribunal civil, comme le veut la nouvelle loi, ou un tribunal industriel consulaire,

(1) Il y en avait déjà 32,000 imprimées en mars 1859 (Extrait de documents officiels anglais.)

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

comme le souhaite l'industrie tout entière, il est une juridiction qui aura toujours sur la juridiction officielle une grande influence, c'est celle de l'opinion publique. Certes, lorsque tous les savants, tous les hommes compétents applaudissent à une heureuse invention, célèbrent à l'envi une découverte nouvelle, l'œuvre du tribunal chargé de faire respecter le droit du breveté devient plus facile, moins inquiétante pour la conscience du juge, que lorsqu'il s'agit d'une invention dont on n'a jamais entendu parler, dont la réalité, la valeur sont inconnues de tous au jour du jugement.

« Quel est l'élément capital, essentiel pour que cette action de l'opinion du monde savant et industriel puisse venir aider efficacement la justice? C'est que les brevets soient connus.

« Le sont-ils aujourd'hui? Évidemment non. A de longs intervalles, deux ou trois ans[1] après l'époque où les brevets pourraient être publiés, lorsque l'attrait de la nouveauté qui les eût fait rechercher n'existe plus, il paraît un gros volume in-4°, d'un prix élevé, renfermant une multitude de brevets plus ou moins tronqués[2], sans ordre aucun et sur toutes sortes de sujets. Toute personne s'intéressant à une ou deux questions, qui pourrait avoir quelque intérêt à consulter cinq ou six brevets, se garde bien de perdre un temps précieux à feuilleter ces volumes, évite de les acheter, et cette coûteuse publication est, en réalité, faite presque complétement en pure perte.

« Si, au contraire, on pouvait pour 50 centimes ou 1 franc, comme cela se pratique depuis plusieurs années déjà en Angleterre, se procurer toute spécification dans sa nouveauté, quel est l'homme préoccupé d'un genre de recherches, exerçant une industrie, qui hésitera à acquérir la description d'une invention qui l'intéresse? Avec combien de chances de succès l'entrepreneur d'une semblable publication fera de curieuses collections de brevets pour chaque spécialité! Le but indiqué sera donc atteint, et par suite, de cet achat par les personnes compétentes résultera la formation de l'opinion publique dont nous venons de montrer la nécessité.

« Mais il y a plus, la justice est violée, ce nous semble, manifestement, par la publication tardive, incomplète et coûteuse des brevets. Celui qui est condamné comme contrefacteur n'est souvent qu'un inventeur de bonne foi qui a réinventé ce qu'un autre breveté plus heureux avait trouvé avant lui. Il a ignoré le premier brevet que, vis à-vis de la justice, il aurait dû connaître, et cependant, dans l'état actuel des choses, cela pouvait lui être tout à fait impossible. Il n'avait, dira-t-on, qu'à aller en prendre connaissance au ministère du commerce; mais, outre les difficultés (provoquées par des abus sans doute) dont on entoure cette communication, il pouvait travailler à Marseille, à Toulouse, sans avoir la possibilité de venir à chaque instant à Paris. Quant à la publication en volumes, il a vingt fois le temps d'être saisi comme contrefacteur avant qu'elle paraisse, s'il a le courage de la consulter, et s'il est assez riche pour en faire l'achat, ce qui est malheureusement l'exception.

« Il serait bon de prendre exemple sur ce qui a été fait pour l'administration de la justice. Nul citoyen n'est censé ignorer la loi, comme nul breveté n'est autorisé à donner son ignorance d'un brevet antérieur pour justification de la ressemblance de son invention avec une autre; mais au moins on a eu soin de faire en sorte que le citoyen n'eût pas, pour se procurer une loi, besoin d'acquérir des collections dont le prix s'élevât à des centaines de francs, comme celles que l'inventeur devrait acheter, et il trouve dans un endroit connu, au Dépôt des lois, pour 10 centimes, chaque loi dont la connaissance est obligatoire, aussitôt qu'elle a été promulguée. C'est ce qui doit nécessairement être imité pour les brevets au point de vue seul de la justice.

« S'il était besoin de multiplier les arguments pour établir les avantages si évidents du système proposé, pour montrer l'utilité d'une publication que l'on jugeait si importante autrefois, que la loi de 1791 créait un directoire chargé de la diriger, je dirais que ce serait pour le progrès des inventions, par suite, pour la prospérité de l'industrie française, un aide singulièrement puissant que cette connaissance complète, générale des efforts des inventeurs, que l'instruction qui en peut résulter; car, vous le savez, les progrès s'appellent, se multiplient les uns par les autres. Ce serait également un bien grand service rendu au breveté, souvent peu capable en affaires, que cette vulgarisation qui ferait connaître son invention à l'homme d'affaires placé de manière à en tirer parti, et à en assurer le succès par son aide.

« Est-ce quelque chose de bien difficile que de réaliser l'amélioration dont il s'agit? Je connais assez les publications pour garantir, après avoir dressé des devis avec plusieurs imprimeurs, et

(1) Le dernier volume publié en 1858 renfermait les brevets délivrés en 1854.

(2) L'Administration possède aujourd'hui le droit de publier les brevets soit complétement, soit par extraits; souvent ceux-ci sont tellement réduits, que le seul fruit des recherches est de trouver cette indication : *Telle invention est décrite dans un brevet*. Un de nos collègues a indiqué à la Société d'encouragement des brevets se rapportant à des découvertes importantes, récompensées de médailles de la Société, qui n'avaient été honorés que d'une semblable mention, ce qui, on l'avouera, ressemble à une mystification pour celui qui recherche un renseignement dans la publication des brevets.

Le savant général Poncelet, dans son bel ouvrage sur l'histoire des inventions, s'élève fréquemment contre l'insuffisance du mode de publication adopté. Nous ne citerons ici, comme exemple, que la note suivante (t. II, p. 448) :

« Je ferai observer avec regret, au sujet de la Collection « imprimée sous le régime de la loi de 1844, que les dessins « d'ensemble et même de détail y sont gravés avec une par- « cimonie et à une échelle de réduction qui les rendent à peu « près inintelligibles, sinon tout à fait inutiles. »

eu égard au grand nombre de brevets peu étendus et sans planches (ceux qui se rapportent aux arts chimiques notamment), que l'administration trouvera, quand elle voudra, dix maisons bien placées qui, au prix de 30 à 50 fr. par brevet, se chargeront de la publication des brevets dans leur nouveauté, sous forme convenable, avec reproduction des dessins à l'aide de l'autographie ou de la gravure sur pierre (les Américains ont depuis résolu le problème par la photolithographie), c'est-à-dire exécuteront le *fac-simile* des mémoires des brevetés dans des conditions identiques à celles de la publication anglaise, et cela en remettant quelques exemplaires à l'administration, et en s'engageant, sous peine de tels dommages et intérêts que l'on voudra, à tenir constamment à la disposition du public tout brevet ayant une valeur légale, qui aura été délivré depuis moins de quinze ans, au prix de 50 c. à 1 fr. l'exemplaire, selon l'étendue [1]. L'exemple de l'Angleterre, où cela se pratique depuis plusieurs années, démontre, sans contestation possible, la facilité de faire ce que je demande ici [2].

« Si vous partagez, messieurs, ma manière de voir, je vous proposerai de faire exécuter un spécimen d'une semblable publication pour quelque brevet se rapportant à une intéressante découverte, qui nous ait été récemment communiqué. Rien ne me paraît plus irréfutable que la vue d'une semblable réalité, et elle me semble rendre tout à fait inutiles de longs développements sur l'utilité du progrès que nous souhaitons. En la répandant dans l'industrie, je crois que vous verrez s'élever un vœu unanime en faveur d'un système qui a si bien réussi en Angleterre pour la publication des spécifications. Sans doute, l'administration ne refusera pas de l'exaucer, et elle se félicitera d'être débarrassée de réclamations que la reproduction intégrale et immédiate des brevets peut seule faire cesser. Tout doit faire espérer la réalisation d'un système qui, quelle que soit la loi sur les brevets d'invention qu'on doive adopter, est utile à la bonne administration de la justice, est aussi profitable que juste, et enfin peut être appliqué immédiatement et sans aucune difficulté d'aucun genre. »

Le conseil de la Société, après en avoir délibéré, donne à *l'unanimité* son assentiment aux vues présentées par M. Ch. Laboulaye, et décide que, pour mettre mieux en lumière les avantages et la facilité d'exécution de la mesure qu'il propose, un spécimen de *fac-simile* d'un brevet français, dans le format des spécifications anglaises, sera imprimé par les soins de la commission du Bulletin, et adressé par le bureau avec la présente délibération de S. Exc. M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux public.

Adhésions. — L'approbation universelle que me paraissait devoir rencontrer le projet de publication spéciale des brevets dans leur nouveauté, n'a pas fait défaut. Parmi beaucoup de lettres adressées à la Société d'encouragement, je citerai les suivantes :

Lettre de M. Bennett Woodcroft.

Cette lettre du promoteur de la mesure de la publication intégrale des brevets en Angleterre, montre bien l'intérêt qu'il prenait à la mesure dont il avait entendu parler. On sent qu'elle est d'un homme persuadé que le progrès, d'où qu'il vienne, est la vraie base de la solide prospérité pour toutes les nations.

« Messieurs les secrétaires de la Société d'encouragement,

« Je vous serais infiniment obligé si vous vouliez bien me faire parvenir par la poste six exemplaires du spécimen de *fac-simile* d'un brevet français (ainsi que du rapport), tel qu'il a été proposé par M. Laboulaye et approuvé par le conseil de la Société.

« Je serais heureux, messieurs, de savoir que je pusse être de quelque utilité à votre Société pour la réalisation de ce projet, et à cet effet je vous prie de vous adresser à moi pour tous les renseignements ultérieurs dont vous pourriez avoir besoin pour mener votre entreprise à bonne fin.

« Je vous prie, Messieurs, d'agréer mes sentiments très-distingués.

« B. Woodcroft. »

Société industrielle de Mulhouse.

« Plusieurs de nos collègues qui ont pu apprécier par eux-mêmes, soit par ce qu'ils ont vu en Angleterre, soit en recevant les *spécifications* de brevets à mesure qu'elles paraissent, les avantages incontestables de ce mode de publication, ont vivement appuyé la proposition. La Société

(1) La réforme proposée ne paraît pas pouvoir rencontrer d'autre objection sérieuse que celle des dépenses qu'elle entraînera. Nous manquons de chiffres exacts pour démontrer complétement *qu'elle ne coûterait pas bien cher*, mais nous croyons que ceux que nous allons poser sont très approchés. L'administration publie aujourd'hui en gros volumes in-4° à 2 colonnes, ayant 60 planches remplies de dessins à une petite échelle, les descriptions des brevets. On ne peut évaluer ces volumes, en y comprenant le travail des rédacteurs qui abrègent les descriptions et celui de la réduction des dessins, à moins de 12,000 fr. Comme chacun de ces volumes renferme au maximum trois cents brevets, c'est plus de 40 fr. pour chacun d'eux. Il est vrai que l'on ne publie pas ainsi beaucoup plus de la moitié des brevets ; mais malgré cela, on voit que la somme dépensée aujourd'hui, d'après les prix indiqués ci-dessus, différerait peu de celle nécessaire pour la reproduction textuelle, surtout avec la vente aux particuliers des brevets séparés, lorsque, avec l'examen préalable, le nombre en serait diminué.

(2) Aujourd'hui pour un brevet important, qui par suite a donné sûrement lieu à l'obtention d'une patente en Angleterre, on fait venir la spécification anglaise, ce qui coûte 1 schelling et deux timbres d'un penny. C'est le moyen le plus simple qui existe maintenant de consulter un brevet français.

industrielle m'a donc chargé, monsieur le secrétaire, de vous faire savoir qu'elle verrait avec satisfaction introduire dans la nouvelle loi des brevets la disposition indiquée par M. Ch. Laboulaye, parce qu'elle la croit aussi avantageuse au public qu'aux inventeurs eux-mêmes.

« J'adresse copie de la présente lettre au ministre du commerce, qui connaîtra ainsi l'opinion de la Société industrielle.

« J'ai l'honneur, etc.

« *Le Président,*

« D. Dolfus. »

Société des Ingénieurs civils.

« Elle considérerait comme un bienfait véritable l'adoption d'une mesure dont les heureux et essentiels résultats sont appréciés depuis longtemps par tous ceux qui ont eu à consulter le recueil déjà si considérable et si éminemment utile des patentes anglaises imprimées. C'est vous dire qu'elle entend se rallier avec empressement et conviction aux efforts qu'a pu faire déjà et à ceux que voudra faire encore le conseil de la Société d'encouragement pour la réalisation en France d'une mesure que vous qualifiez justement en disant qu'elle est d'utilité publique. »

Plusieurs autres lettres pourraient être citées; mais elles seraient évidemment superflues pour démontrer que l'accueil que ferait l'industrie française à la publication proposée serait aussi favorable que celui déjà fait par l'industrie anglaise, qui considère celle qu'il s'agit d'imiter comme un élément essentiel de prospérité.

Des frais de publication. — Je ne reproduirai pas ici les détails que j'ai donnés dans une autre publication pour répondre à quelques objections de nulle valeur, et surtout pour justifier les chiffres posés précédemment, et s'il ne s'agissait que de les mettre en pleine lumière pour obtenir enfin de l'administration une réforme qu'elle ne fait pas par le seul effet de l'inertie, je prouverais aisément que grâce à de nouveaux progrès dans les moyens d'exécution, ils sont peut-être trop-forts; mais fussent-ils trop faibles, les frais nécessaires seraient toujours une fraction minime de ce que produit la taxe des brevets, c'est-à-dire aujourd'hui environ 1,200,000 fr., et il ne faudrait pas que l'abus du principe de centralisation des recettes fit trop oublier que ce n'est pas là un impôt ordinaire, qu'il serait juste que l'excédant de cette taxe sur l'industrie, qui n'est que limitative du nombre des brevets, fût consacré à développer des fondations utiles au progrès industriel. C'est ainsi que la commission des patentes en Angleterre administre directement les recettes qui proviennent de cette taxe, et nous croyons qu'on n'aurait pas beaucoup à se plaindre, si le cinquième ou même le quart de ce produit était employé à faire une publication qui serait un puissant élément de prospérité pour l'industrie.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

Il me semblerait même juste que l'excédant du produit de la taxe des brevets reçût une destination tendant au même but, que je prendrai la liberté d'indiquer brièvement.

Rémunération des savants. — J'ai cherché à indiquer le rôle capital du travail des savants pour faire naître les plus grands progrès industriels. Tout avancement de la science, tout progrès théorique vient se traduire aussitôt en applications multipliées, en inventions industrielles donnant lieu pour la plupart à des brevets profitables. Certes, je ne veux pas que les savants quittent leur voie de recherches de la vérité pour elle-même, et l'abandonnent pour tenter de tirer profit des lois qu'ils ont pu découvrir; mais pourquoi l'industrie serait-elle ingrate envers eux, et ne ferait-elle pas remonter vers leur source une partie des profits qu'elle leur doit?

Ne paraîtrait-il pas naturel que le tribunal industriel signalât, à certaines époques, les savants dont les découvertes ont été le point de départ des nouveaux brevets qu'il ferait respecter? Si Ampère et Arago vivaient encore, ne serait-il pas juste de leur rendre hommage pour les nombreux brevets relatifs à la télégraphie électrique qui se prennent chaque jour?

C'est à cet emploi que devrait être consacré le reste de la taxe des brevets par pensions viagères de 10,000 fr. par exemple. Combien de noms paraîtraient justement sur cette liste! Citons-en quelques-uns au hasard : *M. Poncelet*, pour ses travaux de mécanique; *M. Regnault*, pour ses recherches sur la chaleur; *M. Chevreul*, pour sa théorie de la saponification; *M. Morin*, pour ses appareils de dynamométrie; *M. Jacobi*, pour la découverte de la galvanoplastie; *M. Faraday*, pour ses grands travaux sur l'électricité, etc. Nous citons exprès ici quelques étrangers, car il serait digne de la France d'inaugurer la reconnaissance internationale des services dont le monde entier profite, et l'imitation de son exemple ferait bientôt de la position du savant, qui a su faire progresser la science, ce qu'elle doit être : la plus belle et la plus enviée de toutes, celle que chacun s'efforcerait d'atteindre par plus d'efforts, eux-mêmes essentiellement fructueux pour le progrès de la civilisation.

Mais je m'arrête; malgré la justice de la proposition et la facilité de son exécution, on va me reprocher de tomber dans l'utopie, parce que l'idée paraîtra trop nouvelle. Ayons confiance dans l'avenir.

Je me contenterai de citer ici, pour les personnes qui, dans l'état actuel de richesse de notre société, jugeront que c'est folie de penser à employer de semblables sommes pour rémunérer les travaux des savants, l'extrait suivant d'une pièce curieuse. Elle est intitulée :

Tableau des récompenses, gratifications, encouragements, etc., accordés par le bureau de con-

sultation des Arts et Métiers depuis le 19 *novembre* 1791, *jusqu'au* 1er *janvier* 1793.

ARTISTES.	OBJETS.	SOMMES.
MM. FOURNEAU...	Pour avoir fait faire les plus grands progrès à l'art de la charpenterie, et avoir fait imprimer plusieurs *in-folio* concernant cet art.....	10.000
BOUCERET...	Moulin pour la filature et les apprêts de la soie.....	9.000
PAULET.....	Auteur de l'*Art du fabricant d'étoffes de soie* et de différentes inventions.....	10.000
TOURNANT...	Tour pour exécuter toutes sortes d'ouvrages profilés; machine à tailler les verres et les miroirs d'optique.....	10.000
LENOIR.....	Invention d'un instrument propre à diviser le cercle.....	6.000
BERTHOUD..	Montres marines pour les longitudes.	6.000
BERTHELOT..	Ouvrage intitulé : *la Mécanique appliquée aux arts, aux manufactures, à l'agriculture et à la guerre*.....	10.000
DUPAINTRIE:.	Cartes minéralogiques de la France et autres objets de géographie..	10.000
FORTIN.....	Machines pneumatiques; instruments destinés à diviser les lignes droites; machine qui mesure les dimensions des corps, au moyen d'un *nonius* ou *vernier*, qui donne les 12es de ligne.....	6.000

Ce tableau, portant le détail de sommes dont le total monte à 419,000 livres, chiffre bien considérable pour l'époque, montre que ce n'était pas avec parcimonie que l'on voulait agir pour encourager les travaux qui, profitables pour la société, ne sauraient l'être pour leurs auteurs. Il est rappelé en effet, à la fin, après la signature de Berthollet, président du bureau de consultation des Arts et Métiers et le visa de Garat, ministre de l'intérieur, que ces récompenses sont prises sur le fonds de 300,000 livres affecté annuellement par la loi du 12 septembre 1791 pour récompense aux artistes. Il y avait, dans ces temps difficiles, plus de reconnaissance pour les services rendus par les inventeurs, que dans notre société infiniment plus riche.

Bien que nous n'ayons traité, dans ce qui précède, que des brevets d'invention, tout ce que nous en avons dit s'applique également aux priviléges de propriété littéraire, propriété de dessins, propriété industrielle de tout genre, etc. Nous n'avons nul besoin d'insister à cet égard, et espérons avoir démontré qu'il y a tout intérêt pour la société à constituer solidement un genre de monopole qui, s'il enrichit l'auteur, crée à toute la société des richesses bien autrement considérables; que le grand intérêt de celle-ci consiste à faire que les inventions fructueuses se succèdent avec rapidité, et que pour cela elle doit offrir autre chose que la misère aux inventeurs qui ouvrent des voies nouvelles.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

DE L'ENSEIGNEMENT COMME MOYEN DE FACILITER L'ACCESSION AUX MONOPOLES PERSONNELS.

L'extension des moyens les plus utiles pour procurer la libre accession de tous aux monopoles personnels, repose surtout sur l'enseignement. En effet, la capacité qui se manifeste dans l'invention, dans l'exercice intelligent d'une industrie, repose surtout sans doute sur la force de pensée de l'inventeur, mais elle est singulièrement développée par l'exercice et l'étude et ne peut rien créer le plus souvent sans l'acquisition des connaissances déposées dans les sciences physiques. Rien ne saurait être plus désirable pour les individus, rien qui importe plus à une nation que la capacité, la force productive intellectuelle; et le grand moyen de la développer pour nos nations civilisées chez les individus doués d'une énergie, d'une volonté suffisante, résulte surtout de la diffusion de l'éducation.

Nous nous limitons ici à considérer l'instruction au point de vue de la valeur de la production; nul besoin de dire que c'est le petit côté de la question, si on pense à l'individu moral dont la valeur et la dignité croissent si rapidement avec l'instruction. Les mobiles qui doivent pousser chacun au développement de son intelligence sont les plus puissants qui puissent exister, et le désir de s'instruire le grand instrument du progrès. C'est à Channing que je donne la parole pour établir solidement cette importante vérité, et rendre au lecteur le service de lui faire connaître quelque chose de son traité de la *Self-Culture*, un des plus beaux écrits que nous connaissions.

« Je vais rechercher, dit-il, quels sont les moyens de favoriser l'éducation personnelle, et je ne sais par où commencer. Le sujet est si étendu et si important que je me sens incapable de le traiter convenablement, surtout dans les limites qui me sont assignées. Considérez, je vous prie, que je vous présente seulement quelques aperçus, tels qu'ils se sont offerts à mon esprit sans beaucoup de recherches.

« Avant tout, le grand moyen d'éducation, celui qui renferme tous les autres, c'est de s'attacher à cette culture de nous-mêmes, comme à notre fin principale, de prendre la détermination ferme et solennelle de tirer le plus grand et le meilleur parti des facultés que Dieu nous a données. Sans cette résolution, les meilleurs moyens sont de peu de valeur, et avec elle les plus petits deviennent efficaces. Vous verrez des milliers d'hommes qui, avec toutes les ressources que la richesse peut rassembler, maîtres, bibliothèques, instruments, ne font rien de passable, tandis que d'autres, avec de faibles secours, font des merveilles, uniquement parce qu'ils sont les seuls qui agissent sérieusement. L'homme qui se met sérieusement à l'œuvre trouve des moyens, ou, s'il n'en trouve pas, il en crée. Une volonté énergique fait beaucoup de peu, donne de la puissance

à des instruments faibles, surmonte les difficultés et souvent même en tire un secours. Chaque état offre des moyens de progrès, si on a assez d'ardeur pour s'en servir. On a dernièrement publié des livres où sont contenus des exemples ou des histoires « de science acquise au milieu des obstacles ; » et c'est chose encourageante que d'y voir ce qu'un homme décidé peut faire pour lui-même. Une grande idée, comme celle de l'éducation personnelle, si on la saisit clairement et fortement, brûle dans l'âme comme un charbon ardent. Celui qui se propose résolûment une grande fin, y est, par cet acte, à moitié parvenu, et il a franchi la principale barrière qui le sépare du succès.

« Une chose est essentielle pour que la volonté soit énergique, c'est la foi dans la possibilité de l'éducation personnelle. Pour animer notre courage il faut que l'objet désiré paraisse à notre portée. Cette vérité, que le progrès est la fin même de notre être, ne doit donc pas être écoutée comme une leçon, mais comprise et sentie comme une réalité. Nos esprits sont disposés à languir et à mourir faute d'aliment, s'ils demeurent emprisonnés dans ce que nous avons déjà acquis. Une foi véritable, qui aspire à quelque chose de meilleur, qui entrevoit la perfection dans le lointain, qui nous promet des progrès proportionnés au sérieux de nos travaux, donne de l'énergie à la volonté, donne des ailes à l'âme; et cette foi grandira constamment en nous faisant connaître notre nature et les promesses d'assistance divine et d'immortalité qui abondent dans la révélation.

« Il est des hommes qui sont découragés et qui ne tendent de faire aucun progrès, par la fausse idée qu'ils ont que l'étude des livres, étude que ne leur permet pas leur position, est le moyen suprême et le seul efficace. Mais je les prie de considérer que les grands volumes, dont nos livres ne sont que des copies, c'est-à-dire la nature, la révélation, l'âme et la vie humaine, sont libéralement exposés à tous les yeux. Les grandes sources de la sagesse sont l'expérience et l'observation ; et celles-là ne sont fermées à personne. Ouvrir et fixer nos yeux sur ce qui se passe hors de nous et en nous, c'est l'étude la plus féconde. Les livres sont surtout utiles quand ils nous aident à interpréter ce que nous voyons et ce que nous expérimentons. Quand ils absorbent l'esprit, ce qui arrive quelquefois, et qu'ils le détournent de l'observation de la nature et de la vie, ils engendrent une folie savante, contre laquelle on pourrait échanger sans grande perte le simple bon sens de l'ouvrier. Il est à remarquer que les plus grands hommes se sont formés sans le secours des études qui sont considérées généralement comme indispensables. Homère, Platon, Démosthène, n'avaient jamais entendu parler de chimie et connaissaient moins le système solaire qu'un enfant de nos écoles. Ce n'est pas que ces sciences soient sans importance ; mais ceci nou apprend que les moyens d'amélioration ne manquent jamais quand la résolution est profonde et sérieuse.

« La volonté de s'élever soi-même, c'est là ce qui fait la vie et la force de tous les moyens que nous employons pour notre propre éducation. Je pose de nouveau ce principe à cause de son extrême importance ; et j'ajouterai seulement une observation pour empêcher qu'il ne soit mal compris. Lorsque je parle de la volonté de s'élever soi-même, j'entends qu'elle soit sincère. En d'autres termes, le but réel, ce doit être notre éducation ; c'est pour elle-même qu'il faut la chercher, et non pour en faire un moyen ou un instrument. Et ici je touche à une erreur commune et très-funeste. Le nombre des personnes qui désirent l'éducation seulement pour acquérir de la fortune et s'élever dans le monde est considérable ; mais ces personnes ne cherchent pas véritablement le progrès ; ce qu'elles poursuivent, c'est quelque chose d'extérieur, quelque chose qui leur est étranger ; et une impulsion semblable ne peut amener qu'un progrès restreint, partiel, incertain. L'homme, comme je l'ai dit, doit se cultiver lui-même parce qu'il est homme. Il doit commencer avec la conviction qu'il y a en lui quelque chose de plus grand que dans toute la création matérielle, que dans toutes les choses qui frappent ses yeux et ses oreilles ; il doit comprendre que le progrès intérieur a en lui-même une valeur et une dignité tout à fait distinctes du pouvoir qu'il donne sur les objets extérieurs. Sans doute un homme doit travailler à améliorer sa position, mais il doit d'abord songer à s'améliorer lui-même : s'il ne connaît pas d'autre usage plus noble de l'esprit que de le fatiguer au profit du corps, il faut désespérer de son éducation.

« En faisant ces observations, je n'entends pas conseiller à l'ouvrier de rester indifférent à sa position. Je regarde comme important que chaque homme, quel que soit son état, possède des moyens de bien-être : la santé, une nourriture et des vêtements convenables, et parfois un peu de retraite et de loisir. Voilà des biens véritables qui méritent d'être recherchés pour eux-mêmes, et d'ailleurs ce sont des ressources importantes pour la cause que je défends. Une habitation propre, confortable, avec des aliments sains, n'aide pas peu au développement intellectuel et moral. Un homme vivant dans une cave humide ou dans un grenier ouvert à la pluie et à la neige, respirant l'air impur d'une demeure sale, et essayant en vain d'apaiser sa faim par une nourriture insuffisante et désagréable, court risque de s'abandonner à une insouciance désespérée. Améliorez donc votre sort, multipliez vos ressources, et mieux encore, faites fortune si vous le pouvez par des moyens honnêtes, et si vous ne la payez pas trop cher. Une bonne éducation est

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE IMPRIMÉS R.F.

faite pour vous pousser dans vos affaires, et vous devez en user dans ce but. Seulement prenez garde que cette fin ne vous domine; que vos motifs ne baissent à mesure que votre condition s'élève; que vous ne soyez victimes de la misérable passion de rivaliser avec ceux qui vous entourent en étalage, en luxe et en dépenses. Respectez-vous toujours vous-mêmes. Comprenez que votre nature est plus précieuse que tout ce qui vous est étranger. Celui qui n'a pas entrevu ce qu'il y a en lui de raisonnable et de spirituel, de supérieur au monde et d'allié à Dieu même, celui-là ignore la véritable source d'où sort cette volonté sur laquelle j'ai insisté comme étant la première condition du progrès.

« Je passe à un autre moyen important d'éducation personnelle, c'est le contrôle des appétits brutaux. Pour élever la nature morale et intellectuelle, il faut abaisser la nature animale. La sensualité est l'abîme dans lequel un très-grand nombre d'âmes sont plongées et perdues. Parmi les classes les plus prospères, quelle somme considérable de vie intellectuelle est noyée dans les excès du luxe! C'est une des grandes malédictions de la richesse que nous en abusions pour la satisfaction de nos sens; et chez les classes pauvres, bien que le luxe manque, souvent on s'abandonne à un tel excès de nourriture que l'esprit s'en trouve accablé. Quand on se promène dans nos rues, c'est un triste spectacle que de voir combien de visages portent les signes de l'hébétement et de la brutalité, résultat d'une grossière habitude. Quiconque veut cultiver son âme doit réprimer ses appétits.

« J'arrive maintenant à un autre point important de l'éducation personnelle, c'est le commerce avec des esprits supérieurs. J'ai insisté sur notre propre activité comme étant essentielle à notre progrès; mais nous n'avons pas été faits pour vivre seuls. La société nous est aussi nécessaire que l'air et la nourriture. Un enfant condamné à une solitude absolue, grandissant sans voir ou sans entendre des êtres humains, n'égalerait pas certains animaux en intelligence, et l'homme qui n'aura jamais été mis en contact avec des esprits supérieurs au sien parcourra probablement le même cercle monotone de pensée et d'action jusqu'à la fin de sa vie.

« C'est surtout par les livres que nous jouissons du commerce des esprits supérieurs, et cet inappréciable moyen de communication est à la portée de tout le monde. Dans les plus beaux livres, les grands hommes nous parlent, nous donnent leurs plus précieuses pensées, et versent leur âme dans la nôtre. Remercions Dieu des livres. Ils sont la voix de ceux qui sont loin et de ceux qui sont morts: ils nous font les héritiers de la vie intellectuelle des siècles écoulés. Les livres sont les vrais niveleurs; à tous ceux qui veulent en user sincèrement ils procurent la société, la présence spirituelle des meilleurs et des plus

grands hommes au moment de leurs plus sublimes inspirations. Qu'importe ma pauvreté? Qu'importe que les heureux du siècle dédaignent d'entrer dans mon obscure demeure? Si la sainte Écriture séjourne sous mon toit, si Milton passe mon seuil pour me chanter le paradis, Shakespeare pour m'ouvrir les mondes de l'imagination et les secrets du cœur humain, Franklin pour m'enrichir de sa sagesse pratique, je ne manquerai pas d'amis intellectuels, et je puis devenir un homme bien élevé, quoique je ne sois pas reçu par ce qu'on appelle la bonne société dans l'endroit que j'habite.

« Pour rendre ce moyen de culture efficace, on doit faire choix de bons livres, de ceux qui ont été écrits par des esprits droits et fermes, par de véritables penseurs qui, au lieu de délayer dans des répétitions les idées d'autrui, ont quelque chose à dire eux-mêmes et écrivent pour des gens sérieux. Ces ouvrages, il ne faut pas les effleurer par amusement, mais les lire avec une attention soutenue et l'amour respectueux de la vérité. Dans le choix de nos lectures, nous pouvons nous faire aider par ceux qui ont plus étudié que nous. Mais après tout, il vaut mieux, dans ce cas, être surtout déterminé par notre propre goût. Les meilleurs livres pour une personne ne sont pas toujours ceux que le sage recommande, ce sont plutôt ceux qui répondent à des besoins particuliers, à la soif naturelle de notre esprit, et qui, par conséquent, éveillent notre intérêt et fixent notre pensée.

« Et il est bon de faire observer que, non-seulement à l'endroit des livres, mais sous d'autres rapports, l'éducation doit varier avec l'individu. Tous les moyens ne conviennent pas également à tous. Un homme doit se développer librement et ménager les dons particuliers ou les penchants par lesquels la nature l'a distingué des autres hommes. L'éducation n'exige pas le sacrifice de l'individualité. Ce n'est pas une machine qui torture chaque homme pour le seul plaisir de le jeter dans un moule immuable appelé perfection. Comme le visage humain, toujours composé des mêmes traits, offre cependant une variété infinie, et n'est jamais le même chez deux individus, ainsi l'âme humaine, avec les mêmes grandes facultés et les mêmes lois, se développe sous une variété infinie de formes, et serait gênée d'une manière déplorable par une éducation qui forcerait tous les hommes à apprendre la même leçon et à s'incliner devant les mêmes règles.

« Je sais combien il est difficile pour quelques personnes, surtout pour celles qui sont absorbées par des travaux manuels, de fixer leur attention sur un livre. Qu'ils s'efforcent de surmonter les obstacles en choisissant des sujets qui les intéressent profondément, ou en lisant de compagnie avec ceux qu'ils aiment. Rien ne peut remplacer les livres. Ce sont des amis qui nous encouragent, qui nous consolent dans la solitude, la ma-

ladie, l'affliction. La richesse des deux continents ne remplacerait pas le bien qu'ils procurent. Que chacun, s'il est possible, rassemble sous son toit quelques bons ouvrages, et obtienne pour lui-même et pour sa famille l'entrée de quelque bibliothèque commune Il n'est pas de luxe qu'on ne doive sacrifier pour cela.

« Un autre moyen de progrès est celui que chacun peut trouver dans sa condition ou ses occupations, quelle qu'en soit la nature. Si j'en avais le temps, je pourrais passer en revue toutes les conditions de la vie, depuis la plus élevée jusqu'à la plus obscure, et je montrerais comment chacune d'elles peut toujours servir au progrès. Mais je prendrai pour exemple celle de l'homme qui vit du travail de ses mains. Ce travail peut devenir un moyen de culture. Par exemple, dans presque tout travail, on échange sa force pour un équivalent sous forme de salaire, d'argent ou de quelque denrée. En d'autres termes, le travail suppose un contrat; c'est un marché qui impose des obligations réciproques. Eh bien! l'homme qui, en travaillant, quelle que soit son œuvre, s'efforce toujours de remplir parfaitement ses obligations, d'accomplir avec fidélité toute sa tâche, d'être honnête, non pas parce que l'honnêteté est la meilleure politique, mais par amour de la justice, et pour rendre à chacun ce qui lui est dû, un tel travailleur glorifie en lui-même un des plus grands principes de la morale et de la religion. Chacun de ses coups de bêche ou de marteau contribue à la perfection de sa nature.

« De plus, le travail peut être exécuté de telle sorte qu'il donne une noble impulsion à l'esprit. Quelle que soit la profession d'un homme, sa règle doit être de remplir ses devoirs parfaitement, de faire de son mieux, et d'avancer ainsi continuellement dans son état. En d'autres termes, on doit se proposer la perfection, non pas seulement pour l'utilité qu'en retire la société, mais aussi pour le plaisir sincère qu'un homme éprouve en voyant un ouvrage bien fait. C'est là un moyen important de culture. De cette manière, l'idée de perfection prend racine dans l'esprit et s'étend bien au delà du métier. L'ouvrier prend le goût d'achever tout ce qu'il entreprend. Tout ce qui est imparfait, négligé, lui déplaît en toute circonstance; son idéal grandit, et tout est mieux fait dans sa vie, parce qu'il est devenu plus difficile dans son état... »

Nous n'ajouterons rien à ces paroles sur une question qui embrasse la vie morale et intellectuelle de toute nation. Personne ne contestera au dix-neuvième siècle l'utilité, pour grandir une nation, de mettre à la portée des intelligences d'élite les moyens de s'instruire, de s'élever, et cela en travaillant à l'enrichissement du pays. Il s'agit là, pour une grande nation, de sacrifices insignifiants en raison de la grandeur du but à atteindre. C'est sous cette forme que s'exerce naturellement l'action d'encouragement que nous avons montré incomber à la société.

Relativement à l'enseignement primaire, dont l'extension est la condition des progrès de la civilisation, nous dirons seulement que c'est vers les sciences et leurs applications qu'on doit en tourner les développements. C'est en Allemagne, où la diffusion de la science a précédé et permis de rapides progrès dans l'industrie, qu'il faut aller surtout étudier les modèles de ces institutions. En Wurtemberg notamment, chaque petite ville a son école, où tous les enfants apprennent le dessin, les éléments de la physique, de la mécanique, etc., c'est-à-dire non-seulement se forment le raisonnement, cultivent leur intelligence, mais encore apprennent les éléments de sciences qui leur seront des instruments directs de production, leur constituant un véritable capital personnel.

Enseignement professionnel. — Tentons d'indiquer toute l'importance de l'enseignement au point de vue de la production industrielle.

Qu'est-ce qui fait la valeur du produit créé par le travail du producteur? C'est la quantité d'utilité qui en résulte, si on peut s'exprimer ainsi; ce n'est pas seulement l'effort, la fatigue qu'a éprouvé le travailleur. Qu'il passe une journée à s'efforcer de soulever une pierre énorme sans pouvoir y parvenir, il sera beaucoup fatigué sans produire aucune utilité, le résultat de son travail sera zéro. Considérons, au contraire, un autre travailleur qui emploie les engins les plus convenables, coupe son travail par des alternatives de repos, entretient ses forces par une nourriture substantielle, vous le verrez accomplir un travail considérable, produire le maximum d'utilité possible. Or le but de l'instruction doit être d'amener le travail des citoyens à être le plus fructueux qu'il est possible, par suite de l'habileté professionnelle, de l'emploi judicieux des procédés les plus parfaits, des meilleurs tours de main pour atteindre le but le plus simplement et le plus sûrement, en un mot de perfectionner les méthodes de travail.

Cherchons à creuser un peu profondément cette importante question, et occupons-nous, à cet effet, de la manière dont les ouvriers s'initient au travail. C'est en général par l'apprentissage que l'ouvrier apprend son état; mais privé le plus souvent de conseils, ne parvenant à apprendre les méthodes de travail que par un esprit d'imitation naturel à l'enfance, il lui faut beaucoup d'intelligence pour parvenir à distinguer les meilleures méthodes de travail, et presque du génie pour réinventer les pratiques qu'il n'a pas vu employer sous ses yeux (Voy. Ouvrier).

Ce travail serait bien simplifié, bien plus profitable, si l'ouvrier était initié aux principes des sciences dont sa pratique de chaque jour est une application. C'est ce qu'on obtiendra par des écoles professionnelles pouvant être ouvertes à

un grand nombre de jeunes gens, et surtout par des cours du soir et du dimanche, où l'apprenti viendra comprendre la raison du mode de travail qu'il a appliqué dans le jour; où on lui enseigne une théorie qu'il pratiquera le lendemain, et qui lui restera par suite gravée dans la mémoire jusqu'à la fin de ses jours. C'est par la libre réunion des ouvriers anglais dans leurs *Mechanics institut*, si utiles à imiter, que se développent leurs facultés. C'est autour de bibliothèques qu'ils aspirent à créer, que les ouvriers français pourront constituer des centres intellectuels qui feraient une utile concurrence au cabaret. C'est, qu'il nous soit permis de le dire sans fausse modestie, par la lecture d'un ouvrage comme le *Dictionnaire des Arts et Manufactures*, qu'en arrivant à comprendre les sciences en partant de sa pratique de chaque jour, un ouvrier se créera un fonds d'utiles connaissances. C'est ainsi qu'il avancera dans la bonne voie, c'est-à-dire travaillera à devenir excellent ouvrier, et sans jalousie misérable sera poussé par une noble ambition, tendra à s'élever régulièrement, à devenir contre-maître, puis maître à son tour, à réussir à force d'intelligence et de travail.

Ce sont surtout les municipalités qui doivent diriger de semblables institutions, naturellement de manière à aider le développement des industries qui prédominent dans la ville. C'est ainsi qu'à Paris, où prospèrent surtout les arts de la forme, la sculpture, la gravure, le moulage, etc., les écoles qui rendent le plus de services sont, sans contredit, les écoles de dessin, comme celle de la rue de l'École-de-Médecine, dont la fondation est déjà fort ancienne. Il n'est pas un apprenti graveur, sculpteur, etc., habitant les quartiers de la rive gauche, qui ne vienne y suivre le soir, et pendant plusieurs années, des cours gratuits sous la surveillance d'excellents maîtres. C'est avec de semblables institutions que s'élève le niveau des arts, que se révèlent les véritables vocations, les talents qui autrement fussent restés enfouis. C'est parce que l'utilité de ces fondations est évidente, que l'Angleterre consacre des millions à l'enseignement des arts, du dessin, depuis que l'exposition universelle de 1851 lui a indiqué que le goût était le point faible de son industrie.

C'est ce qu'indique encore bien évidemment la plus excellente création de ce genre, nous voulons parler de l'école de la Martinière, fondée dans la ville de Lyon par le pieux legs de deux de ses enfants, le major général Martin, et M. Eynard; école qui a donné d'admirables résultats dus et à l'intelligente générosité de ces deux grands citoyens, et aux lumières des directeurs, qui ont mis en pratique une ingénieuse méthode d'enseignement et un excellent plan d'études.

Aider à de semblables fondations est, ce nous semble, la vraie route que doivent suivre les classes aisées pour élever les classes peu fortunées, les guider vers leur complet développement.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

C'est à l'énergie individuelle à faire le reste. Car, pour celui qui veut se perfectionner, les occupations les plus ordinaires fournissent bien des occasions de progrès : mais il faut savoir en tirer parti. J'en citerai quelques exemples populaires en Angleterre, le pays de la volonté persévérante. Le professeur Lee, se sentit attiré vers l'étude de l'hébreu en voyant, dans une synagogue où il avait été appelé comme ouvrier charpentier pour réparer les bancs, une Bible imprimée en langue hébraïque. Il fut pris d'un immense désir de lire le livre dans l'original, et, ayant acheté une grammaire d'occasion, il se mit au travail, et réussit à apprendre seul cette langue. Comme le disait Edmond Stone au duc d'Argyle, qui lui demandait un jour comment il avait fait, lui, pauvre aide-jardinier, pour arriver à lire les *Principia* de Newton en latin. « On n'a besoin que de savoir les vingt-quatre lettres de l'alphabet... et de vouloir, pour apprendre tout le reste. »

On comprend combien est désirable pour l'industrie et tous ceux qui en vivent le développement d'institutions semblables à celles dont nous avons parlé. Elles sont essentiellement du ressort des associations des industriels de la localité, des municipalités, qui seules peuvent fonder sur des bases solides, poussant des racines profondes dans chaque contrée, l'enseignement professionnel. Elles nous paraîtraient devoir se rapporter à deux types principaux d'écoles :

1° Celles qui auraient pour modèles les écoles de la rue de l'École-de-Médecine, de Paris, et de la Martinière, de Lyon. Ce seraient surtout, avant tout, des écoles du dessin en tout genre, auxquelles seraient réunis des cours de tissage, montage de métiers, gravure, impression, moulage, etc. Toutes les industries où le goût est en jeu relèveraient de ces écoles.

2° Celles destinées aux mécaniciens, horlogers, ouvriers en fer et en bois, dans lesquelles l'enseignement comprendrait surtout le tracé, les machines, la physique expérimentale, et serait facilité par de nombreux modèles.

Je ne parle pas d'écoles de chimie, parce que ce sont de vastes laboratoires annexés à des cours publics qui peuvent les constituer sous une forme bien connue, et seule profitable.

Des écoles par corps d'état seraient extrêmement utiles; par exemple, des écoles pour les apprentis typographes, pour les menuisiers, les ouvriers en bâtiments, etc. Ces dernières seraient possibles dans les plus petites villes, et profitables à presque tous les artisans de la localité. Mais posons comme principe fondamental que l'apprentissage doit accompagner l'enseignement de l'école, pour que celui-ci soit complétement et immédiatement utilisé.

Toutes les grandes villes devraient avoir des institutions semblables, dirigées dans le but d'assurer la prospérité des industries locales. Des

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

écoles du dimanche, des cours du soir devraient permettre aux adultes de suivre cet enseignement malgré leurs travaux journaliers. Les plus beaux résultats sont déjà, Dieu merci! obtenus de nos jours dans cette voie. Des écoles moins complètes devraient exister dans nos moindres cités, et jusque dans nos campagnes un champ cultivé par les élèves de l'école primaire permettre de leur faire apprécier les bonnes méthodes de culture, de fixer dans leur esprit les connaissances positives et de la plus grande utilité pour tout cultivateur.

C'est sur la multiplicité des institutions qui ont pour but l'instruction du peuple dans les divers genres de connaissances, que repose la prospérité de l'industrie américaine, et l'un des plus beaux et des plus fréquents spectacles dans ce pays, est devoir les gens les plus éminents venir dans les réunions d'ouvriers associés en vue de fonder une bibliothèque, de créer des cours utiles, pour leur parler sérieusement de leurs devoirs, les encourager à persévérer dans leurs efforts pour s'améliorer. C'est la libre association de tous qui peut seule conduire à d'aussi heureux résultats.

Haut enseignement. — Nous ne dirons qu'un mot des institutions destinées au haut enseignement industriel, qui doivent être le couronnement de l'édifice, et suivre les progrès de la science pure. Former des ingénieurs capables de diriger tous les travaux, c'est là le but de notre École Polytechnique, dont la porte n'est ouverte qu'aux plus méritants; c'est le but de l'École Centrale qui a conquis une si belle place auprès de son aînée, grâce au mérite réel de nombre d'ingénieurs qui en sont sortis. Vulgariser les derniers progrès scientifiques dans toutes les directions en les traduisant sous forme pratique, c'est la mission de l'enseignement industriel du Conservatoire des Arts et Métiers de Paris. Tout fabricant doit pouvoir y suivre des cours publics qui le mettent au courant des derniers progrès accomplis, en ne dérobant aux affaires que le temps nécessaire pour écouter une leçon, visiter des modèles.

Les lacunes qui existent encore peuvent facilement être comblées, et le haut enseignement scientifique-industriel réuni à l'École Polytechnique, à celles des Ponts et Chaussées, des Mines, des Arts et Manufactures, des Beaux-Arts, au Conservatoire des Arts et Métiers, etc., sera de plus en plus, tout doit le faire espérer, une des gloires les plus incontestées de notre pays. C'est la base qu'il importe surtout d'élargir, en propageant le mouvement imprimé dans ces derniers temps, et réalisant complétement ce beau programme : « Faire que tout travailleur trouve la possibilité de s'instruire et d'acquérir les connaissances qui pourront lui former un capital intellectuel, pouvant assurer le succès des intelligences d'élite, et accroître dans des proportions énormes l'habileté, la puissance productive de la masse de la nation. »

En résumé, la diffusion et l'étendue de l'enseignement sont de telle importance pour engendrer des forces productives, qu'il faut que tout le monde contribue à le répandre, les uns en se faisant professeurs par dévoûment, et les autres en supportant les frais, avec le concours des communes, et enfin de l'État, s'il y a insuffisance. S'il est pour celui-ci une mission sacrée, c'est celle de développer l'éducation morale des citoyens pour en faire des honnêtes gens et leur éducation intellectuelle pour en faire d'habiles producteurs. S'il est un noble but à assigner aux efforts de l'association de tous, c'est sans contredit celui de rassembler les moyens et les influences propres à développer les plus nobles facultés de de chacun de ses membres. Cela est trop évident pour qu'il y ait lieu d'insister.

B. — DROITS DE PROPRIÉTÉ.

Les monopoles personnels, résultat de l'activité et de l'énergie de chacun, servent à créer le domaine de la propriété. L'essence de la propriété d'une utilité, c'est que celui qui l'a créée en fait tel usage qu'il lui plaît; ce droit, que définit le droit romain, d'user et d'abuser, est, de sa nature, absolu; on ne peut le limiter légalement sans spoliation.

En lui-même, sans correctif, la possession du capital, des instruments de production serait un monopole considérable; en analysant les phénomènes de la rente, nous en avons apprécié toute la valeur. Mais, comme tous les monopoles, il se corrige par la liberté, par la concurrence. Nous voyons chaque jour les établissements les plus puissants fondés par les industriels les plus éminents, primés par la rivalité d'un inconnu, d'un homme qui a commencé le plus souvent par être ouvrier, comme les maréchaux de l'Empire par être soldats, mais qui ayant un sentiment parfait des nouveaux besoins de l'industrie, sait trouver la voie du succès en ne laissant à ses riches concurrents que les charges, les frais généraux d'un lourd établissement qui bientôt décline, si les chefs ne sont plus dignes d'occuper la tête de l'industrie. Toutefois, cela n'est possible, cela n'a lieu chaque jour, surtout lorsqu'il s'agit d'entreprises considérables, de luttes avec de grands établissements, que par l'offre, par l'abondance des capitaux, qui ont un besoin absolu du travail et de la capacité pour fructifier, et qui se multiplient par la circulation. C'est dans les moyens de l'activer que se trouvent les remèdes à quelques abus, pour ne laisser que les bienfaits, la facilité d'enrichissement général qui résulte de l'abondance des capitaux; c'est dans l'activité de cette circulation, facilitée par de bonnes institutions de crédit, que réside le plus puissant moyen de développer les forces productives, intérêt le plus grand des individus et des nations; et cela

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

en facilitant l'enrichissement de l'individu capable, en mettant à sa disposition des ressources qui lui permettent de créer, de mener à bien ce qu'il a su concevoir.

1.— DU CRÉDIT.

Puisque le capital est la condition essentielle des occasions de profit, une nation peut s'enrichir d'autant plus vite, multiplier d'autant plus ses richesses, que le capital se trouve plus à portée de seconder tous les efforts, toutes les énergies qui tendent à la production de la richesse. Après donc la première et essentielle condition que la nation soit laborieuse, énergique, possède des hommes versés dans les sciences et la pratique des arts, rien de plus indispensable qu'une grande abondance de capitaux, et surtout qu'une facile circulation des capitaux, circulation qui les multiplie quant aux services qu'ils peuvent rendre. C'est là l'important service que rend le crédit, le plus puissant levier de la civilisation moderne, dont le bon ou le mauvais maniement importe le plus à la prospérité des États. Il importe d'autant plus de se faire des idées parfaitement nettes sur cette question, qu'elle a été obscurcie dans tous les temps par des sophismes.

L'importance de la circulation des capitaux est facile à apprécier; elle résulte de ce fait évident : qu'un capital est utile parce qu'il sert à la production, et que la circulation, qui le fait arriver successivement entre les mains des producteurs, le rend utile à l'égal de capitaux multiples.

M. F. Sharbeck a fort bien analysé les effets de la circulation dans sa *Théorie des richesses sociales*.

« Supposons, dit-il, qu'une pièce d'un franc soit remise dans la matinée d'une première journée, par un habitant de la capitale, à une laitière, en échange du lait qu'elle apporte au marché; que celle-ci l'emploie de suite à acheter une aune de toile; que le marchand de toile fasse avec cette même pièce de monnaie sa provision de viande à la boucherie; que le boucher la dépense dans la boutique d'un marchand de vin; que celui-ci l'emploie en achat de bouteilles; que le marchand de verreries la dépense en pain, le boulanger en bois, et enfin que le marchand de bois la retienne pour une dépense à venir et la laisse sans emploi dans le courant de la journée suivante.

« La différence des services rendus par cette pièce de monnaie dans le courant des deux journées est très-sensible; ils sont dans le rapport de 7 à 1. »

Ce qui est vrai de la monnaie est vrai de tout capital, de toute matière, de tout outil pouvant être employé dans une fabrication, être l'objet de transactions commerciales.

Si les avantages d'une circulation rapide sont évidents, puisque grâce à elle le capital profite à un nombre d'autant plus grand de producteurs, quel est le moyen de la favoriser ? C'est par l'emploi du crédit.

Le crédit est défini la mise en circulation des valeurs engagées, la métamorphose de ces valeurs en titres d'une circulation facile, auxquels la confiance puisse facilement s'attacher : telles sont les lettres de gage, les obligations qui représentent la richesse immobilière d'un pays; en les faisant circuler, il multiplie considérablement le travail produit avec un même capital.

Prenons un exemple du crédit par escompte, une des formes les plus importantes du crédit dans les transactions commerciales. Soit un fabricant de drap qui achète de la laine; il fait un billet au marchand de laine, qui escompte ce billet, c'est-à-dire en touche chez un banquier le montant, déduction faite de l'intérêt de la somme jusqu'à l'époque de l'échéance et de la commission du banquier. Il continue donc ses affaires avec un même capital, et la valeur de la laine se trouve représentée par un billet d'une circulation facile. Le fabricant de drap tisse la laine et la vend à un marchand de drap qui le règle en un effet, ce qui lui permet, à son tour, grâce à l'escompte, de continuer ses opérations avec son même capital, augmenté momentanément de la somme destinée à payer le billet qu'il a fait au marchand de laine. Du marchand de drap, l'étoffe passe chez le tailleur, de là chez le consommateur, et donne lieu à des phénomènes semblables.

Rien donc de plus simple, pour le producteur, que l'effet du crédit sous la forme la plus habituelle dont nous venons de parler : il se trouve, aussitôt chaque livraison de produit fabriqué, avoir à sa disposition le capital qu'il a dépensé en salaires et frais divers pour recommencer une autre fabrication, plus la somme nécessaire pour solder le prix des matières premières de cette fabrication, qui lui sont confiées contre son engagement de payer à une certaine époque, c'est-à-dire sans diminuer son capital actuel.

Il est donc bien évident que le crédit par escompte est ainsi une cause de travail incessante, en permettant au producteur de ne posséder qu'un capital inférieur à la valeur des produits qu'il crée en un certain temps, et égal seulement à la partie correspondante aux salaires nécessaires à la transformation en produits vendables de ce qui fait l'objet de la fabrication dans ses ateliers. Mais si le capital nécessaire au producteur est ainsi diminué, il semble que le travail est seulement en raison du capital social, car l'avance faite par l'escompteur n'est qu'un prêt que celui-ci fait de son propre capital, sur un engagement dont le payement lui semble certain. Il en est ainsi, en effet, dans le cas général, pour le particulier qui emploie en escompte ses capitaux. Cela n'ôte rien des grands avantages de la circulation, de l'emploi de capitaux sans cela inac-

tifs; mais, de plus, il n'en est pas ainsi pour tous les cas, et notamment pour les banques de circulation, qui offrent un cas remarquable, dans lequel le crédit, la confiance amène une véritable multiplication des capitaux.

Celles-ci, faisant l'escompte de valeurs reconnues parfaitement sûres (la Banque de France n'admet que les billets à trois signatures jugées bonnes), le public accepte comme argent, avec une sécurité entière, les propres engagements de ces Banques, leurs billets à vue qu'il se garde d'échanger contre de l'argent. Les billets en circulation atteignent alors trois ou quatre fois le chiffre de l'or ou de l'argent déposé dans les caves des Banques ; il y a avance à la production de ce capital, de cette différence entre les billets et l'or.

C'est par cet artifice, par ce puissant moyen d'activer la circulation, la transmission des capitaux, de remplacer la majeure partie de la quantité d'or ou d'argent nécessaire à la circulation d'un pays par du papier reposant sur les engagements de producteurs actifs et laborieux (limite nécessaire de la circulation du papier, des banques, qui ne saurait donc être indéfinie, comme quelques novateurs l'ont supposé), qu'on a vu l'Amérique exploiter son sol, combiner des entreprises gigantesques, comme si elle avait possédé le capital accumulé des plus vieilles nations, et créer avec une rapidité extrême, par un travail énergique, d'immenses richesses.

En général, toute garantie qui assure le payement d'un titre et en facilite la circulation à l'égal de l'argent accélère, comme les banques de circulation, la circulation du capital et par suite la production de la richesse.

On peut dire que le crédit non-seulement fait circuler rapidement toute la richesse d'un pays, toutes les valeurs engagées, mais souvent il précède la création de ces valeurs; c'est lui qui les fait naître, l'assurance des risques suffisant pour établir, créer la confiance, le crédit. C'est ainsi que le développement des institutions de crédit a produit en Amérique d'immenses résultats.

Voici ce qu'écrivait, en 1838, M. Michel Chevalier, dans son ouvrage *Des Intérêts matériels en France*, dans lequel il indiquait la nécessité de donner une puissante impulsion à la production dans notre pays :

« Sous le rapport des institutions de crédit, dit-il, il faut avouer que notre situation est peu satisfaisante ; de là un des plus forts obstacles à notre amélioration matérielle ; c'est à raison de l'absence de ces institutions qu'une foule de projets utiles restent sur le papier. Qu'il s'agisse, par exemple, d'un canal ou d'un chemin de fer destiné à changer la face d'une province, le pays possède le capital suffisant pour l'exécuter, puisqu'il réunit les bras requis pour le construire, ainsi que les aliments et les denrées nécessaires aux travailleurs. Si l'ouvrage ne s'accomplit pas, le journalier ne trouve pas à utiliser sa force et à gagner son pain, et, d'un autre côté, le cultivateur, le manufacturier et le marchand, manquent de débouchés pour leurs produits. Le plus souvent néanmoins le projet, au lieu d'aboutir à la réalité, reste à l'état de rêve: C'est que, chez nous, entre l'ouvrier qui a besoin de consommer et le producteur ou le vendeur des objets de consommation, il n'y a d'autres intermédiaires qu'un ingénieur, homme de talent, mais pauvre, et avec lui les bourgeois des villes que le canal ou le chemin de fer intéresse, gens qui ont de l'aisance, mais rien de plus, et qui sont dépourvus de tout moyen de se procurer, autrement qu'à des conditions léonines, l'argent comptant qui doit servir à opérer l'échange entre le travail de l'ouvrier et les denrées que l'agriculteur a dans son grenier, le marchand dans son magasin. Chez nous donc les plus fécondes conceptions doivent très-fréquemment avorter. En d'autres pays, au contraire, en Angleterre et aux États-Unis, par exemple, à côté de l'ingénieur et du bourgeois, vous avez une ou plusieurs banques en qui tous, bourgeois, ouvriers et paysans, ont confiance, et souvent beaucoup plus qu'elles ne le méritent. La banque garantit au cultivateur et au marchand le payement de leurs denrées, et à l'ouvrier son salaire par le procédé suivant : elle remet aux bourgeois actionnaires, contre leur engagement personnel, et quelquefois moyennant le dépôt même des actions du chemin de fer ou du canal, du papier-monnaie que l'ouvrier accepte en payement de son travail, et que le cultivateur et le marchand acceptent non moins volontiers en retour de leurs provisions. Toute idée raisonnable a ainsi le moyen de passer rapidement de la théorie à la pratique; bien plus, comme il est difficile aux hommes d'user seulement et de ne pas abuser, mainte conception folle profite de ces facilités pour faire son entrée dans les affaires. »

N'est-ce pas là un exemple bien digne d'imitation, et ne devons-nous pas tendre à réaliser un semblable moyen d'aider si puissamment la création de la richesse par le travail, de faciliter l'échange des valeurs, de favoriser cette effervescence de production si utile au progrès général, qui fait que quiconque se sent quelque intelligence rougit de rester longtemps dans une position inférieure, car il sait qu'il lui suffira d'employer toute sa capacité et son énergie pour s'élever aux premiers rangs.

Il importe beaucoup de remarquer que le caractère propre du crédit est de faire surgir des capitaux faisant participer plus de personnes aux bénéfices possibles ; car la facilité du crédit, le besoin d'utiliser les capitaux, tend à faire naître des établissements rivaux de toute fabrique qui réalise de gros bénéfices. Sans doute il permet aussi à l'établissement prospère de se développer rapidement, mais c'est ce succès même qui

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

entraîne le premier effet, et la concurrence de tous contre un seul ramène nécessairement ses profits vers le taux moyen des profits.

Dans la plupart des pays, dans tous, nous croyons, quelques États des États-Unis d'Amérique exceptés, le privilége d'émettre des billets payables à vue, et circulant comme des espèces, ne s'exerce qu'en vertu d'un privilége accordé par l'État. Les institutions de crédit les plus importantes, les principales banques de circulation ne sont donc pas seulement des monopoles de fait, en tant que fondées par de puissantes compagnies, mais encore comme agissant avec un privilége légal, ce qui devrait nous les faire étudier dans la section suivante si nous voulions étudier leurs droits, tandis que nous n'avons en vue que leur fonctionnement. On comprend l'importance de cette question de privilége, puisque, ainsi que nous l'avons déjà dit, c'est dans la circulation des capitaux, dans leur mise à la disposition de la capacité, qu'existe le plus puissant levier de la production industrielle; qu'il faut que cette condition soit remplie pour que la capacité, le savoir, la moralité puissent conduire au succès.

Dans notre pays, si puissamment centralisé, agiter la question de la liberté des banques à une époque où l'on a renforcé de tant de manières le privilége de la Banque de France, serait prêcher pour un avenir bien éloigné, et nous ne croyons pas utile de nous arrêter à une question qui n'est que de pure théorie.

Nous ferons seulement remarquer que dans ce cas, comme dans tous les autres, l'intervention de l'État dans une circonstance, la concession d'un privilége entraîne comme conséquence nécessaire une succession d'interventions de même ordre. De ce que l'État a supprimé la liberté des banques, en concédant à une compagnie le privilége exclusif d'émettre seule du papier-monnaie dans toute l'étendue du territoire, c'est-à-dire de disposer sans intérêt du capital que représente ce papier, en quantité égale à celle nécessaire pour les besoins des transactions, qui pour les pays riches se compte par centaines de millions, puisqu'il l'a rendu l'arbitre de la circulation et du crédit commercial, il doit s'efforcer de remédier aux inconvénients que peut entraîner ce monopole. L'État se trouve engagé tacitement à faire en sorte que, malgré le monopole concédé, et en échange de la sécurité qu'il en retire, le crédit commercial ne soit pas plus rare et plus difficile que dans des pays où règne la liberté des banques, que les spéculations sur le change des divers pays ne viennent pas causer des pertes au petit commerçant par une élévation exagérée de l'escompte. C'est à quoi l'on arriverait dans les limites du possible, c'est-à-dire en dehors des crises que les événements politiques, les spéculations insensées, les disettes, etc., rendent inévitables, en forçant la banque à porter à un fonds de réserve les bénéfices qu'elle fait dans les temps de crise, en portant l'escompte à plus de 3 0/0, et la forçant à consacrer ce fonds à des achats de métaux avant toute élévation de l'escompte. Ce fonds d'assurance et la prévoyance des administrateurs pourraient amortir singulièrement l'intensité des crises de second ordre.

C'est à des institutions complémentaires, très-propres, croyons-nous, à faire jouir la France de tous les avantages d'un crédit facile, que nous allons nous attacher, en admettant l'existence du grand établissement régulateur de la circulation, exploitant seul le privilége d'émission de papier-monnaie. Nous pensons qu'on peut ainsi obtenir la plupart des avantages de la liberté, en même temps que la fixité, la régularité de la valeur de l'instrument de circulation, du papier-monnaie, qui empêche des crises où la fortune d'une nation peut sombrer.

Capitaux circulants.

Traitons avec quelques détails de la meilleure organisation possible des établissements qui concourent, avec la Banque de France, à répandre le crédit.

L'escompte est le mode de crédit le plus employé dans le commerce pour multiplier les capitaux circulants; nous chercherons à en faire comprendre le fonctionnement normal en faisant un emprunt à une brochure publiée par nous en 1848, et qui, malgré son caractère spécial, renferme des idées applicables à toutes les industries, montre tout ce qu'on peut obtenir de l'entente des chefs d'industries.

« Définissons bien la nature intime de l'escompte, forme que le crédit prend le plus souvent pour venir en aide au producteur.

« Lorsqu'un négociant porte à l'escompte, chez un banquier, une valeur de commerce, l'engagement d'un commerçant de payer une certaine somme à une échéance déterminée, celui-ci lui donne le montant de cette valeur, moins une prime qui constitue l'escompte. Cette prime se forme de l'intérêt du capital au taux ordinaire, plus d'une assurance en raison de la solvabilité du négociant; c'est là le cachet spécial de l'escompte, le principe en dehors duquel il n'y a qu'idées fausses. *L'escompte est avant tout une prime d'assurance, l'escompteur un assureur à primes*, fonction qu'empêche d'apercevoir le rôle que remplit quelquefois le banquier comme commanditaire, lorsqu'il avance ses capitaux, ce qui n'est qu'accidentel et tout à fait en dehors de la fonction spéciale de l'escompteur.

« Nous avons vu en 1848, au moment de la révolution, tous les assureurs à primes disparaître : l'assurance ne pouvait cependant disparaître, car chacun ne pouvait payer ses engagements qu'avec l'escompte des valeurs qu'il avait en portefeuille. Il était clairement indiqué qu'il ne restait plus

qu'une espèce d'assurance possible, la plus parfaite de toutes, l'assurance mutuelle, la mutualité des producteurs.

« Veut-on un exemple bien convaincant de la solidité de ce système? Qu'on considère la Banque de France ayant, par exemple, pour 500 millions de francs de billets émis. Ces billets sont reçus au pair dans toute la France. D'où naît cette sécurité? Est-ce du capital des actionnaires de la Banque, qui s'élève à 60 millions à peine? Évidemment non; elle provient de ce que l'on sait que tout billet émis par la Banque correspond à un billet d'un négociant parfaitement solvable, couvert par deux cautions, qui se trouve dans son portefeuille, de telle sorte que les 500 millions sont garantis par la totalité des fortunes de ces négociants, et par suite, par des richesses bien supérieures au chiffre des billets. Dans l'établissement dispensateur du crédit par excellence, c'est donc la mutualité qui produit la sécurité.

« Or la prospérité générale, en tant qu'elle peut résulter de la production même, est assurée principalement par la *facilité* du crédit (bien plus encore que par son bon marché).

« Définissons ce que nous entendons par là, et nous pensons que tout le monde sera de notre avis.

« 1° La facilité du crédit consiste dans la certitude de l'escompte de toute valeur, de tout billet portant de bonnes signatures, et cela sans l'intervention de la bienveillance personnelle d'un banquier protecteur. De plus il faut que cet escompte puisse, pour nombre de cas, pour la librairie par exemple, atteindre les billets qui dépassent quatre-vingt-dix jours, car l'éditeur ne pouvant fabriquer des livres que par mille, et ne les vendant que par unités, son industrie n'est possible qu'autant que l'imprimeur et le marchand de papier acceptent des billets à échéance éloignée, ce que ceux-ci ne peuvent faire qu'autant qu'ils trouvent à les escompter.

« 2° Tout ce que nous venons de dire des billets doit se rencontrer à plus forte raison pour les prêts sur dépôt de marchandises, c'est-à-dire de valeurs plus certaines encore que les billets, qui correspondent à des valeurs prochainement réalisables, mais un moment sans emploi dans les mains des producteurs.

« 3° La facilité du crédit, c'est le phénomène qui se manifeste dans les temps de grande prospérité, lorsque l'argent abonde chez les banquiers, quand par des avances, des prêts à découvert, ils excitent le producteur à créer, à employer des capitaux. Qu'on ne se récrie pas que c'est un genre d'affaires qui ruinerait un établissement, on verra tout à l'heure comment nous l'entendons; mais on nous accordera tout au moins que ce serait une facilité souhaitable dans certains cas.

« Si l'on suppose un instant le crédit d'une industrie organisée de manière à donner tous les résultats que nous venons d'indiquer, nous pensons qu'on ne pourra refuser d'admettre que l'on atteindra le maximum de la production; c'est-à-dire qu'il ne se trouvera pas une entreprise possible qui ne soit commencée, dans la librairie un livre vendable qui ne soit imprimé. Mais alors évidemment on dépasserait le but, bien des entreprises folles seraient tentées. Quel est le moyen de faire que le crédit permette tout le développement convenable de l'industrie et en arrête les écarts? C'est en même temps qu'on le fait résulter de la *mutualité*, de le faire distribuer par les *spécialités*.

« Nous disons que le crédit doit résulter de la mutualité, et déjà nous avons indiqué comment il y trouvait sa seule base solide sans éveiller d'intérêts qui se combattent; en outre, on ne niera pas que l'ensemble des producteurs d'une profession n'ait des richesses supérieures à celles de quelques escompteurs, et ne puisse faire la base d'un puissant établissement de crédit.

« Le crédit ne peut devenir certain, ne peut perdre l'instabilité qui résulte des caprices ou des spéculations d'un escompteur, tout en gagnant en étendue, qu'autant qu'il résultera de l'association de tout le corps d'état, de la mutualité établie entre tous les producteurs, qu'il cessera d'être une faveur et deviendra un droit, étant distribué par un établissement appartenant également à tous.

« Nous disons, en second lieu, que le crédit doit être dispensé par les *spécialités* : il n'y a en effet que ce moyen de rendre le crédit personnel possible, de le voir partagé en raison de la moralité, de l'intelligence, et non-seulement en raison de la fortune précédemment acquise. Supposons qu'un jeune homme intelligent débute dans la librairie (pour rester dans une industrie que nous connaissons) et que ses ressources soient épuisées par la publication d'un ouvrage bien conçu, bien étudié; le banquier qui sait que cet éditeur n'est pas riche, qui ne peut savoir ce que vaut sa publication, l'abandonne, et la ruine suit bientôt. Si au contraire il était jugé par des libraires, ceux-ci qui, comme confrères, ont pu apprécier depuis longtemps son honnêteté, qui par leur spécialité peuvent apprécier la valeur de l'opération qui cause sa gêne momentanée, seront certains, en l'aidant à la terminer, de ne faire qu'une opération très-sûre. N'est-ce pas là la constitution du crédit en raison de la moralité et de l'intelligence, et non-seulement de la fortune acquise? n'est-ce pas là de l'égalité et de la fraternité pratiques bien entendues.

« Mais ce n'est pas seulement à ce point de vue si important que la distribution du crédit par les spécialités est chose désirable, c'est surtout en ce qu'elles seules peuvent lui donner tout le développement souhaitable sans tomber dans l'exagération, sans causer de destructions de

valeurs par les doubles emplois, par la concurrence exagérée, les opérations mal conçues.

« Les spécialités ne jugeant pas seulement la solvabilité de la personne au moment de la demande du crédit, mais nécessairement aussi par leur expérience de chaque jour, les entreprises auxquelles elle se livre, leur assistance est en raison de la bonne conception des opérations. S'ils en voient commencer de folles, comme ils savent que la ruine s'ensuivra, bien que l'entrepreneur qui les commence soit riche, ils ménagent leurs secours; leur peu d'empressement est un utile avertissement dont on peut profiter et le désastre sera d'autant moins grand, qu'un faux calcul n'aura pas été secondé par les ressources du crédit. De même les spécialités jugeront sévèrement ces luttes acharnées qui se présentent quelquefois, lorsqu'il s'agit avant tout de détruire des valeurs dans les mains d'un concurrent, et seront sobres de crédit vis-à-vis de maisons qui ne créent de valeurs qu'en annulant des valeurs créées équivalentes, et par suite ne fournissent à la société aucun résultat avantageux.

« L'objection faite à une pareille création sera sûrement qu'on trouvera trop grand le pouvoir accordé à notre espèce de syndicat d'admettre ou de refuser des opérations. Mais nous ferons remarquer que dans ce système la liberté de chacun est complétement ménagée, le refus n'est pas une interdiction de faire une opération, ce ne peut être le droit de délégués, seulement le refus de fournir les avantages qu'offre l'institution en vue d'une certaine opération, est l'expression de l'avis du syndicat qu'il juge cette opération désastreuse. Chacun d'ailleurs ne contribue à la mutualité qu'en acceptant d'avance les chances de ce jugement; mais surtout, répétons-le, chacun conserve sa liberté entière, absolue.

« C'est sous ce rapport qu'il existe une différence capitale entre les institutions du genre de celle dont nous parlons ici, qui doivent porter le cachet de la nouvelle société industrielle, et les corporations, les maîtrises, l'organisation industrielle, en un mot, de l'ancienne société que la révolution de 1789 a si justement renversée. Celles-ci confisquaient la liberté; dans toutes les institutions nouvelles, au contraire, la liberté doit être pleinement respectée. C'est là la première épreuve qu'elles doivent supporter pour pouvoir être considérées comme possibles. Ainsi, dans le système que nous avons tenté d'esquisser, chacun reste parfaitement libre de faire ce qui lui plaît, d'entreprendre ce qu'il juge convenable; mais il ne peut réclamer l'assistance de la mutualité fondée par tout le corps d'état, pour certaines entreprises jugées nuisibles, désastreuses pour tous. N'est-ce pas là de l'association bien entendue, qui aide pour faire le bien, s'abstient pour laisser faire ce qui paraît le mal, en respectant la liberté? Ce n'est la limitation de la concurrence que par les conseils d'une expérience qu'on est libre de récuser. »

L'étude du crédit nous conduit incidemment aux principes de l'organisation commerciale, et nous indique comment dans sa distribution peut se trouver le pouvoir régulateur qui l'empêche de venir s'absorber dans l'un des extrêmes entre lesquels elle oscille, la concurrence ou le monopole exagérés.

Le grand vice de la concurrence, son abus, est dans la destruction de valeurs, qui résulte de ce qu'elle dégénère quelquefois en hostilité, d'émulation qui devrait toujours être son caractère; aussi lui a-t-on souvent reproché d'être une cause de fraude, le vendeur ne pouvant souvent avoir recours qu'à la supercherie pour lutter avec un voisin de mauvaise foi; d'engendrer quelquefois le découragement, la misère des producteurs qui ne peuvent se constituer aucune position favorable, aucun monopole.

Si ces inconvénients étaient le résultat nécessaire de la liberté des transactions qui s'exprime par le mot de concurrence, nous ne pensons pas qu'on dût pour cela y renoncer, car alors il faudrait bien la remplacer par quelque chose d'opposé, et l'opposé de la liberté c'est l'autorité; c'est-à-dire que partout le fonctionnaire viendrait remplacer le commerçant, système qui aboutit forcément au communisme lorsque chacun n'a plus qu'à remplir la tâche qui lui est assignée, système trop manifestement absurde pour que nous pensions devoir nous y arrêter un seul instant.

Le seul problème que l'on doive se poser est celui-ci : Comment diminuer et faire disparaître, s'il est possible, les inconvénients qui peuvent paraître dans la pratique de la liberté du travail et de la liberté des transactions; liberté qu'on ne peut songer à sacrifier sans tourner le dos à la civilisation et au progrès.

C'est à ce point de vue que nous attirons l'attention sur les syndicats dont nous venons de parler, qui pourraient avoir une action utile sur les mœurs et n'accorderaient le secours d'un crédit facile qu'aux entreprises conçues dans un but de création de richesses et non de destruction.

2° *Unions de crédit.*

Nous avons vu que l'escompte était par dessus tout une assurance de payement, et avons expliqué toute l'importance du développement de l'assurance par mutualité. Les comptoirs d'escompte fondés sur ces idées constituent peut-être la seule création utile de la révolution de 1848. Mais les comptoirs, devenus la propriété d'actionnaires auxquels les administrateurs doivent chercher à assurer de gros bénéfices, sont arrivés bientôt à ressembler beaucoup aux maisons de banque ordinaires. D'un autre côté la Banque de France

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

ne pouvant, d'après ses statuts, escompter du papier à deux signatures, et ne le voulant même pas à cause du nombre énorme de signatures diverses qui lui seraient offertes et rendraient le travail d'appréciation presque impossible, l'heureux effet des comptoirs fondés sur la mutualité pourrait être obtenu sans capital, ou avec un capital minime. Ce serait sous la forme d'une union de crédit, d'une institution de crédit mutuel, que les commerçants pourraient le plus facilement profiter du bon marché de l'escompte de la Banque de France, tout en donnant toute sécurité à celle-ci.

Que cent négociants connus se réunissent, constituent un conseil d'administration qui limite le crédit de chacun d'eux; que les valeurs composant le portefeuille de chacun d'eux soient, jusqu'à cette limite, escomptées par la banque à l'aide d'une troisième signature représentant la garantie par la mutualité, tous servant de caution à chacun, et aussitôt, sans capital, le but proposé sera atteint.

Inutile d'entrer ici dans le détail d'une organisation semblable; mais nous sommes convaincus qu'avec l'adhésion de la banque de l'État pour assurer le crédit d'une telle association, on trouverait dans de semblables combinaisons, le moyen d'allier l'énergie de la circulation des capitaux, que la liberté des banques assure à l'Amérique, avec la constance de la valeur du papier-monnaie et la puissance comme instrument de gouvernement et de centralisation de la Banque de France telle qu'elle existe aujourd'hui. Une création de cette nature a pleinement réussi en Belgique.

Peut-être pourrait-on aller plus loin en fait d'institutions de crédit, et se demander si le crédit personnel, celui qui est accordé à l'individu en raison de sa capacité et de sa moralité surtout, ne pourrait être la base presque exclusive d'une institution de crédit. Certes, si une institution ayant de raisonnables chances de succès était créée pour aider la distribution de ce crédit, qui, à cause de son caractère tout personnel, tout de confiance, appartient essentiellement aux relations amicales, nous croyons que des encouragements lui seraient dus, car elle serait cause du succès d'une foule de capacités dont les débuts surtout sont difficiles. Les banques de crédit et d'avances qui réussissent aujourd'hui en Allemagne, constituent un exemple à imiter de fondations de ce genre au profit des moins avancés dans la carrière. C'est le crédit dû à la moralité du travailleur, qui vient assurer son succès au moyen d'associations qui ne peuvent réussir qu'avec beaucoup de persévérance. Ce ne sont pas les organisations, ce sont les mœurs, les progrès de la moralité qui font naître ce genre de crédit, commun dans la pratique des banques d'Écosse. Les associations de consommation, la création d'établissements dont les ouvriers s'obligent à devenir les consommateurs, est un mode ingénieux de commencement de création de capital qui ne peut réussir que pour de grandes agglomérations d'ouvriers.

3° *Crédit sur nantissement.*

Le crédit sur dépôt de marchandises est l'extension du crédit sur les affaires conclues, aux marchandises fabriquées mais non vendues. Nous ne traiterons pas séparément du crédit foncier, qui est absolument de même ordre, car ce n'est que par habitude que nous considérons les immeubles comme une propriété d'un ordre spécial. Le problème est, au reste, le même que pour les marchandises, à savoir : représenter les créances hypothécaires par des obligations d'une transmission facile, grâce à l'intervention d'une compagnie assez riche pour les assurer contre toute dépréciation. C'est par la mutualité des propriétaires que ce problème a été heureusement résolu en Allemagne.

L'organisation du crédit sur nantissement de marchandises est un problème que l'Angleterre a parfaitement résolu par les *warrants* ou récépissés de dépôt délivrés aux importateurs par les directeurs des docks. Ces warrants, transmissibles par endossement, représentent la marchandise même, la mobilisent, et celle-ci est remise au porteur du titre qui la réclame. Le banquier peut donc facilement faire des avances sur une valeur qui vaut une consignation parfaitement certaine de la marchandise, et le commerçant peut ainsi se livrer à de vastes entreprises avec un capital limité. Cette institution est donc vraiment précieuse, et l'on doit savoir bon gré à M. Garnier-Pagès de l'avoir introduite en France en autorisant le comptoir d'escompte à compter comme une signature le récépissé de la douane, des magasins publics; c'était donner à celui-ci la majeure partie des qualités du warrant anglais.

Ce n'est pas seulement pour les matières premières importées par le commerce extérieur qu'une semblable institution est précieuse, mais encore pour toutes celles qui servent de base à des fabrications considérables. Ainsi à Lyon, où un établissement municipal fort important qui a pour objet le conditionnement des soies sur des bases fixes a puissamment aidé à lui conserver la supériorité du marché, il serait très-utile de créer quelque chose d'analogue. Le bon marché et la régularité du prix de la matière première sont les bases évidentes de la prospérité d'une industrie telle que l'industrie lyonnaise, et il importerait de lui assurer ces avantages en présence des efforts de rivaux entreprenants. Or qu'ont fait ceux-ci? Des monts-de-piété pour les soies, c'est-à-dire ce que nous voudrions. La municipalité ne pourrait-elle, par exemple, à l'aide d'un emprunt, créer un entrepôt des soies, et, à un taux d'intérêt peu élevé, faire aux déposants l'avance des trois quarts de la valeur? Les capitaux engagés dans le commerce de soies brutes

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

devenant ainsi en grande partie disponibles, agiraient avec plus de facilité pour assurer à Lyon un marché largement approvisionné.

C'est l'idée qu'on a réalisée, avec succès, lors de la Révolution de 1848, à l'aide des sous-comptoirs du Comptoir national d'escompte, d'abord, puis du Comptoir du commerce et de l'industrie, et qui, appliquée à des industries fournissant des matières premières propres à des fabrications, la papeterie, les métaux, etc., a donné d'excellents résultats. Ils sont moins assurés quand il s'agit d'objets de consommation, tels que livres, étoffes, etc., dont le prix est extrêmement variable ; ces établissements exigent l'intervention du syndicat de chaque profession pour fonctionner avec quelque sécurité, et fournir des ressources infiniment précieuses, surtout dans les temps de crise.

Nous terminerons ce qui a rapport à cette série d'idées, en faisant remarquer qu'il ne faudrait pas que les warrants devinssent un moyen de faire l'accaparement sur une très vaste échelle, en permettant de différer la vente de la denrée formant gage, à l'aide des facilités qu'ils fournissent, et forcer ainsi le consommateur à en donner un prix trop élevé.

Le remède consisterait à arrêter la marche de l'entrepôt, les avances, ou à rendre les récépissés les plus anciens exigibles, aussitôt que le cours de la marchandise dépasserait un prix très différent d'un prix moyen fixé d'avance.

4° Des sociétés par actions et à responsabilité limitée.

Le partage de la propriété industrielle s'obtient par deux moyens : 1° la multiplication des établissements industriels; 2° la division de la propriété d'établissements qui représentent des capitaux considérables, à l'aide de titres nominatifs ou au porteur.

Sans entrer ici dans l'analyse et les formes de sociétés par actions que reconnaît le Code (société en commandite, société anonyme, compagnies limitées), qui sont connues de tous; des droits et des obligations des associés, questions qui sont surtout du domaine de la jurisprudence commerciale; nous dirons seulement que ce moyen de division de la propriété industrielle s'applique naturellement aux fabrications qui doivent avoir nécessairement lieu sur une grande échelle, aux exploitations essentiellement unitaires. En France, la division des héritages contraint nécessairement les propriétaires, successivement de plus en plus nombreux, des grands établissements, à adopter cette forme de société (Voy. Art. ACTIONS).

Nombre de grands établissements se fondent ainsi en Amérique par de vastes associations, surtout pour exploiter des inventions nouvelles, pouvant donner de grands bénéfices. On voit journellement, en France, des pères de famille aliéner, au profit de ces sociétés, des industries patrimoniales. Ce mouvement est, dit Le Play, une des conséquences les plus directes de notre loi de succession. L'expérience apprend que nos entreprises industrielles ne résistent point au delà de deux générations aux partages qui suivent la mort des chefs de maison; un homme prévoyant ne peut donc assurer la perpétuité de son œuvre qu'en la cédant à des actionnaires où ses enfants occuperont une grande place.

La pleine liberté d'association est, sans contredit, un des plus puissants moyens de progrès de l'industrie, un des plus souhaitables pour notre pays; la moindre entrave vient accroître singulièrement la difficulté d'atteindre au succès.

La division de la propriété industrielle en actions est quelquefois, trop souvent, funeste aux actionnaires, par deux motifs : l'exagération des apports du fondateur, la difficulté de négociation de titres peu connus, qui ne donnent lieu qu'à un petit nombre de transactions.

Le premier inconvénient n'a guère de remède que dans une certaine sévérité de mœurs commerciales, ne faisant accepter que les titres de sociétés fondées sur des bases étudiées par des hommes honorables et spéciaux qui s'y intéressent, cautionnée en quelque sorte par eux. L'avis de la Chambre syndicale de la profession est surtout désirable ici pour éclairer le public, sans gêner sa liberté.

Le second défaut de la mise en société des établissements industriels, est la difficulté de négociation de leurs titres.

C'est énoncer une chose évidente, même pour quelqu'un qui n'a aucune pratique commerciale, que parler de la difficulté de réalisation d'une part d'intérêt dans une société au capital de 3 ou 400,000 fr., qui a pour objet l'exploitation d'une fabrique dont le rayon d'affaires est très limité; et dont le capital divisé en un petit nombre d'actions donne lieu à des transactions trop rares pour pouvoir être cotées à la Bourse. Quels acquéreurs peut trouver l'actionnaire qui est contraint à réaliser? Évidemment seulement des personnes connaissant l'affaire, c'est-à-dire quelques actionnaires ou le gérant, et surtout, comme nous voudrions le voir passer dans les mœurs, des ouvriers de la fabrique. Obligé de solliciter un ou deux acquéreurs possibles, il n'obtient de conclure son marché qu'à l'aide de sacrifices considérables; le prix est en raison de son besoin d'argent bien plus qu'en raison de la valeur de l'affaire. La demande n'existant pour ainsi dire pas, l'offre entraîne la baisse et la dépréciation.

Il y a à ceci un inconvénient plus grave encore que la perte injuste que supportent certaines personnes; il y a, au point de vue économique, éloignement des capitaux de l'industrie, pénurie du travail producteur, langueur du crédit industriel.

Ce crédit, cette forme de la commandite du travail, exigerait comme quand il s'agit du ca-

pital qui répond aux transactions, que les titres qui le représentent soient d'une facile circulation. Nous n'avons pas besoin d'insister sur ce point. Sans facile transmission, sans cours réel, sans ventes et achats journaliers, un titre peut bien dormir dans un portefeuille; mais ce n'est plus de l'argent, une valeur qui sera recherchée pour une baisse de quelques francs. Elle ne fournira pas un placement pour les excédants annuels de capitaux ; le crédit par commandite sera languissant.

La facile circulation des titres ne saurait avoir lieu que par une substitution de titres, par une opération financière que nous allons tenter de faire comprendre.

Elle consisterait à fonder une puissante société, à un capital considérable, divisé en un grand nombre d'actions, qui, par conséquent, donnerait lieu à des transactions journalières. Le capital de cette société serait employé à acheter des actions des diverses sociétés existantes, au prix le plus bas qui serait offert par les détenteurs.

Si l'on admet le fait incontestable que nous avons énoncé plus haut, que la négociation des actions des sociétés industrielles, à petit capital, est très-difficile, on devra en conclure que de semblables acquisitions se feront à des conditions avantageuses. Si l'on remarque, de plus, que de semblables achats ne se rapporteront qu'à des sociétés anciennes, fondées depuis plusieurs années, et par suite dont les titres sont estimés non en raison de bénéfices aléatoires, mais de ceux distribués depuis plusieurs années, on en conclura que des mécomptes seront peu à craindre.

Que cette opération puisse être avantageuse pour les fondateurs, si le nombre des sociétés par actions en prospérité est suffisamment grand, nous en sommes convaincu, mais au point de vue auquel nous nous plaçons, ce qui nous frappe le plus, c'est son résultat pour l'extension du crédit industriel. De semblables sociétés convertiront une part importante, 50, 100 millions peut-être de titres non négociables, ayant cependant une valeur réelle, en titres ayant un cours, cotés d'une manière avantageuse en raison de cette facile négociation. Bientôt, sans aucun doute, de nouveaux capitaux prendraient une route qu'ils ne connaissent pas, viendraient commanditer l'industrie, pousser à la multiplication, au perfectionnement des instruments de production.

Le patronage d'une semblable société, déclarant qu'elle acquerra, par la suite, des actions d'une société nouvelle que l'on doit fonder, permettrait d'exiger l'honnêteté des apports dont nous avons parlé; mais toutefois, comme nous l'avons dit, ce sont les mœurs qui forment le frein le plus énergique pour réprimer l'ardeur des charlatans.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

5° *Caisses d'épargne.*

Les caisses d'épargne sont trop connues pour qu'il soit utile d'insister sur leur extrême utilité, pour chercher à prouver qu'en facilitant l'accumulation des premières épargnes, elles constituent une des plus belles institutions des temps modernes, et qu'on ne saurait avoir assez de reconnaissance pour les citoyens éminents qui ont consacré leurs soins à leur fondation et à leur propagation.

Il est inutile de faire l'éloge de l'économie. « Le monde, disait Cobden aux ouvriers de Huddersfield, a toujours été partagé en deux classes : ceux qui épargnent, et ceux qui dépensent; les économes, et les prodigues. La construction de toutes les maisons, de toutes les usines, de tous les ponts, de tous les navires, aussi bien que l'achèvement de tous les grands ouvrages qui ont contribué au bien-être et à la civilisation, est l'œuvre de ceux qui savent économiser et qui ont toujours eu pour esclaves ceux qui ne savent que dissiper inutilement leurs ressources. Les lois de la nature et de la Providence veulent qu'il en soit ainsi, et je serais un imposteur si je faisais espérer aux membres d'une classe quelconque qu'ils pourront améliorer leur sort tout en restant imprévoyants, insouciants et paresseux. »

Faire jouir les économies, les premières épargnes de l'ouvrier, de tous les avantages que peuvent rencontrer les gros capitaux, les faire fructifier et grossir par l'intérêt composé, c'est là une heureuse et patriotique idée. Ce sont ces petits capitaux qui forment l'embryon de bien des petites fortunes, le point de départ de bien des petits établissements.

Multiplier ces admirables établissements, les entourer de toutes les garanties, faire, s'il le faut, quelques sacrifices pour que les capitaux y aient des bénéfices un peu trop grands, c'est la meilleure spéculation que puisse faire la société; elle retrouvera par l'esprit d'ordre et d'économie, par l'élévation d'une partie de ses membres, bien mieux que des compensations aux sacrifices momentanés qu'elle se sera imposés.

6° *Caisses de retraites, de secours mutuels.*

Nous pensons, comme Franklin, que *le meilleur moyen de faire du bien aux pauvres n'est pas de les mettre à l'aise dans leur pauvreté, mais de les en tirer*. Cependant nous croyons que des encouragements de l'État ont été bien employés (en gênant trop la liberté des associés, toutefois) en allant trouver les associations mutuelles que créent des ouvriers laborieux en cas de maladie et de vieillesse. Leur rendre possible la distribution de petites pensions aux vieillards (ce qu'elles ne peuvent réaliser généralement dans la pratique, par leurs seuls efforts) est une œuvre excellente, et personne ne se plaindra de la part de sacrifice qui lui sera imposé pour atteindre ce résultat.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

2. — DIVISION DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE.

Le caractère le plus saillant du développement tout moderne de la richesse manufacturière sous forme de grandes manufactures est qu'il devient fort difficile à l'individu isolé de réussir dans la lutte qu'il voudrait engager contre de puissants établissements, dont le nombre est nécessairement fort limité, d'ailleurs, en raison des débouchés et de la rapidité de production.

En compensation, il est juste d'ajouter que les nombreux contre-maîtres, chargés de diriger le personnel, y sont souvent rétribués de manière à rendre jaloux les petits entrepreneurs. C'était sur des répartitions annuelles aux contre-maîtres qui l'avaient secondé, que M. Paturle, le riche fabricant de mérinos du Cateau, faisait reposer l'organisation du travail de son usine, et ce système, où la capacité était surtout largement rémunérée, valait celui de bien des utopistes, comme l'a prouvé le développement de la plus importante usine du monde pour ce genre de fabrication. Dans les ateliers de mécaniciens les plus prospères, outre les marchandages individuels les travaux plus importants, comme le montage d'une locomotive, sont marchandés par des équipes, dirigées par une capacité hors ligne et ayant une part bien plus forte que les autres. Ces petites entreprises procurent d'importants bénéfices à des travailleurs courageux et intelligents.

On voit qu'il y a bien à rabattre de toutes les clameurs contre les grandes manufactures, sur l'infériorité de l'individu isolé, thème qui a fourni, grâce à l'envie et à l'ignorance, un prétexte, un point de départ pour bien des déclamations insensées; toutefois il y a lieu de chercher, par tous les moyens possibles, à éviter, pour notre pays, la difficulté d'exister pour toutes les petites entreprises, qui peuvent se multiplier à l'infini, car elles intéressent l'existence, la prospérité de la majeure partie des travailleurs.

Pour reconnaître d'une manière générale la véritable voie, cherchons un modèle en Amérique, où la demande de travail et d'intelligence est perpétuelle, non-seulement pour l'agriculture, pour défricher un vaste continent, mais encore pour les manufactures et le commerce, pour multiplier les établissements industriels. Sans aucun doute, il y existe un débouché intérieur sans cesse croissant; mais c'est surtout un ardent esprit d'entreprise qui entraîne tous les capitaux à commanditer, à s'associer sous la forme de sociétés par actions, avec une énergie décuplée par le crédit, de nouvelles usines, surtout pour l'exploitation d'inventions nouvelles. Nous ne nierons pas qu'il ne puisse résulter quelques inconvénients de l'excitation que produit, dans le système américain, la grande facilité du crédit, une ardeur de spéculation quelquefois exagérée; mais les inconvénients de trop de créations, entraînant parfois des destructions de valeurs, sont précisément d'une nature tout opposée à ceux qui résultent de l'extension de puissants monopoles, qui tendent à s'établir dans les pays où le crédit s'offre seulement aux grandes Compagnies, aux positions fortement assises. Ce qui montre la vérité de ce que nous avançons c'est qu'en Amérique l'argent est cher, c'est-à-dire que la prime d'assurance est considérable; aussi le crédit descend-il très-bas, parce que les gros bénéfices y sont fréquents.

C'est en réalité ce qui existe, moins énergiquement il est vrai, et ce que nous désirons voir grandir de plus en plus en France; avec les connaissances et la moralité, c'est la route qui conduit à la diffusion du bien-être et de la richesse. Les personnes étrangères à l'industrie ne se doutent pas de la confiance dans le succès qui anime, à juste titre, les ouvriers de nos ateliers qui sentent leur supériorité. Quiconque les a pratiqués a connu de jeunes ouvriers annonçant qu'ils seraient chefs à leur tour et sauraient réussir; ils ont vu leur succès arriver comme ils l'avaient prédit, grâce à une énergie, une capacité hors ligne, bientôt universellement reconnue. Les personnes étrangères à l'industrie ne nous croiront peut-être pas, et pourtant c'est ce qui se voit souvent; nous pourrions citer de nombreux exemples dans les industries qui nous sont familières.

Nous n'avons rien à ajouter aux moyens que nous avons indiqués de développer le crédit; mais nous ne saurions trop répéter que c'est sur la moralité générale qu'est basée l'extension pratique du crédit, qu'on peut faire reposer la prospérité durable d'un pays, une prospérité qui se fasse sentir dans toutes les classes de la société. (Voy. ACTIONS.)

Un point sur lequel j'attirerai l'attention des personnes bien intentionnées, capables de consacrer leurs efforts à une question capitale pour la société moderne, c'est celle de l'utilité d'organiser des ateliers, des centres d'industrie qui rappellent l'admirable création de Lowell aux États-Unis. Dans les filatures de cette ville, 30,000 ouvrières, des filles des planteurs de l'Ouest le plus souvent, qui viennent gagner leur dot avant de se marier, travaillent courageusement et joyeusement, grâce à l'intelligence de la race, à leur organisation en familles, sous la direction de femmes plus âgées d'une moralité reconnue, à la fermeté d'une administration communale qui ne laisse installer rien qui puisse devenir une source de désordres; aussi le travail à Lowell est-il une présomption d'honneur. Organiser le travail des femmes, si souvent peu profitable, surtout pendant quelques années de jeunesse, pour qu'elles en soient affranchies lorsque le fardeau du ménage et de l'éducation des enfants pèsera sur elles, est une des plus belles œuvres qu'on puisse réaliser.

Division des monopoles naturels. — Travaux publics.

On suppose, en général, quand on cherche à fixer les avantages que procure le crédit, que les instruments de production, possédés par quelques personnes, sont toujours faciles à acquérir avec de l'argent, de telle sorte que l'extension du crédit suffit pour les mettre à la disposition de tous ceux qui en ont besoin. Il faut, pour que cela soit vrai, que leur quantité en soit presque indéfinie, comme la terre en Amérique par exemple, ou que leur production soit toujours facile à prix d'argent, ce qui est le cas général des outils et machines qui constituent les manufactures, que les mécaniciens constructeurs sont toujours prêts à créer.

Il n'en est pas de même de certaines propriétés naturelles qui ne se rencontrent dans une contrée qu'en petit nombre; nous prendrons pour exemple le cas le plus important et le mieux caractérisé, celui des mines. On ne peut espérer, en thèse générale, que ni l'ingénieur, ni le contre-maître, ni l'ouvrier employé dans une mine puisse atteindre la même position (sauf par achat d'actions), que celle qui, dans le cas ordinaire, est le but naturel des efforts de l'homme doué d'une grande capacité, à savoir se trouver un jour possesseur d'un établissement de la nature de celui où il travaille, pour l'exploitation duquel il a acquis des connaissances spéciales.

La législation ne doit pas agir pour augmenter encore la rareté qui est dans la nature, mais au contraire tendre à la multiplication, à la division de la propriété minière, autant que cela est possible pour chaque nature d'exploitation, ou tout au moins ne jamais comprendre de mesures qui contraignent à une concentration qui n'est pas absolument nécessaire, comme sont, malheureusement dans certains cas, celles qui inspirent la législation des mines en France. Nous avons indiqué avec quels avantages, pour les mines en filons au moins, l'Allemagne arrivait à une exploitation plus divisée. Il est curieux d'observer que les mines de houille de l'Angleterre occupent des étendues bien moindres que les concessions de nos houillères françaises.

La valeur de l'organisation allemande avait été sentie par les rédacteurs de la loi française sur les mines de 1810. Toutes les mines avaient à payer une redevance (de 5 à 10 pour 100), qui devait être employée à payer les frais de l'administration des mines, à faire des recherches relativement aux mines anciennes ou à en mettre en exploitation de nouvelles. C'était revenir aux sages intentions de Henri IV, qui voulait que le droit régalien fût employé au profit des mines elles-mêmes ; c'était imiter le système de l'Allemagne, sans lequel les mines de cette contrée ne seraient jamais parvenues à l'état de prospérité où elles sont arrivées aujourd'hui.

Mais des 1814, avec la nouvelle loi des finances, l'article 39 de la loi de 1810 est devenu lettre morte. Le compte de redevances cessant d'être un compte spécial affecté au développement des mines, est entré dans les comptes généraux du trésor : aussi depuis soixante ans n'a-t-il été rien fait pour les mines métalliques, et il a fallu acheter 100 millions par an, à l'étranger, de métaux dont nous avons de nombreuses mines en France.

Cette centralisation exagérée, ayant pour but de soutenir le cours de la rente, de favoriser la spéculation à la hausse des fonds publics, a fait là le même mal que dans bien d'autres directions, comme on l'a vu pour les brevets d'invention, comme pour les facultés, colléges, écoles notamment, dont les économies toujours dévorées par le Trésor, n'ont jamais pu servir à les agrandir, à les amener à l'état où le système contraire a amené les universités d'Allemagne et d'Angleterre.

Des travaux publics. — C'est surtout sous la forme de développement incessant des travaux publics que les ressources de la société sont appliquées, au profit de tous également, pour faciliter tout genre de travail, contribuer à la prospérité universelle. Les routes, les ponts, les canaux de navigation et d'irrigation, les travaux des ports, etc., sont exécutés en France complètement ou partiellement au moins aux frais de l'État, par des combinaisons où la part est faite à l'intérêt privé et à l'intérêt général, que nous étudions plus loin. Tout ce que nous voulons dire ici, c'est que, grâce aux ressources de la société tout entière, les résultats de dépenses très-considérables sont mis à la disposition de tous les citoyens, contribuent aux succès de tous. C'est là le cachet propre d'une société avancée, qui ne se contente pas de son territoire tel que la nature l'a fait, qui ne néglige aucune des richesses qu'il peut produire, et quand il faut pour ce faire des ressources qui dépassent les forces individuelles, arrive par l'association, par le concours de la société tout entière, aux plus grandes et aux plus utiles créations, et cela, répétons-le, au profit commun de tous les membres de la société, sans exception.

Le capital ainsi dépensé pour améliorer le sol qui constitue toujours la majeure partie du capital d'une nation, constitue le plus véritable, le plus certain enrichissement d'un pays, le plus durable.

Des encouragements aux petites fabrications.

Y a-t-il quelque chose à faire pour les fabrications ordinaires dans une autre voie que celle de l'extension et du développement du crédit? Ne pourrait-on pas, par exemple, destiner quelques encouragements à faire prospérer les industries qui s'exercent en famille, c'est-à-dire dans

les conditions excellentes au point de vue de la moralité, alternent souvent avec les travaux de l'agriculture: comme, par exemple, dans le Jura, l'industrie de l'horlogerie, qui fait la fortune de plusieurs cantons suisses de l'autre côté de la frontière? Nous croyons qu'on doit répondre affirmativement, surtout pour un mode d'encouragement applicable dans nombre de cas et que nous prendrons pour exemple d'application possible de nos idées. Nous voulons parler de mesures propres à amener les petites manufactures à des conditions d'égalité avec les grandes, qui se procurent à bon marché les forces motrices, aussitôt qu'on peut employer la machine à vapeur. L'influence de cette admirable machine, qui a constitué un privilége notable au profit des établissements importants qui ont pu l'utiliser, a été fâcheuse pour l'industrie française qu'elle a poussée dans un système de concentration éloigné de sa voie naturelle.

Sans doute l'abaissement du prix de construction a rendu cette machine abordable pour des ateliers de médiocre importance, et mieux encore, dans les faubourgs de Paris notamment, des systèmes de location de forces motrices minimes, prélevée sur une puissante machine à vapeur, ont été appliqués avec succès. C'est là ce qu'il importe de généraliser et de développer. Nous serions heureux que des travaux d'un autre ordre que celui-ci, que nous avons indiqué à l'article DYNAMOMÈTRE, en permettant de réaliser un compteur pour la force motrice, fonctionnant comme un compteur à gaz, pussent fournir dans la pratique des facilités au développement de ce système.

C'est surtout de l'intervention des municipalités, des conseils généraux jouissant d'une grande liberté, que nous attendons le progrès dont nous voulons parler, qui aurait pour but de diviser le plus possible la partie de la fabrication qui correspond au travail personnel, de laisser au petit entrepreneur l'indépendance, l'activité, le respect personnel que perd facilement l'ouvrier qui devient un rouage infime d'une grande manufacture; ce serait faire pour l'industrie quelque chose d'analogue à ce que les municipalités font par les marchés publics, au profit des petits marchands de denrées alimentaires dont elles multiplient singulièrement le nombre, en leur permettant de réussir avec un petit capital. A cet effet il faudrait rendre commune, en quelque sorte, l'action des forces naturelles, rendre facilement abordables les genres de fabrications pour lesquelles celles-ci jouent un grand rôle.

Aider l'industrie de la localité, fournir par le barrage d'un cours d'eau, la construction d'aqueucs élevés, d'abondantes distributions d'eau à une haute pression, le moyen à bien des petits producteurs de travailler dans des conditions de succès, c'est aider le succès de la démocratie laborieuse. Puisque le travailleur de la ville paye sa

part des charges et impôts, serait-il extraordinaire que l'association que la municipalité représente combinât les moyens de lui être utile, lorsque la prospérité de la ville tient au progrès d'une industrie qui s'exerce par presque tous les habitants? Le prix de la force motrice pesant tout aussi bien que celui des transports sur le prix des objets fabriqués, pourquoi le gouvernement, les municipalités bornent-ils leur action à améliorer les voies de transport? Celles-ci seraient fort bien construites par l'industrie privée, comme en Angleterre, si on voulait lui concéder des droits de barrière. De même que, dans ce cas, l'intérêt général a primé l'intérêt privé, il peut en être de même dans nombre de villes pour la création et la distribution à domicile de la force motrice, en vue du plus grand intérêt des administrés.

S'il nous fallait indiquer des villes pour lesquelles de semblables créations seraient d'une grande utilité, rien ne serait plus facile. Paris, par exemple, grande ville manufacturière, où le combustible n'arrive qu'à un prix élevé, retirerait les plus grands avantages d'une création semblable. Nous avons indiqué, à l'article COURS D'EAU de cet ouvrage, comment il était possible, facile même, d'utiliser la Seine (ce qui a été fait imparfaitement à Asnières, depuis l'époque où l'article dont nous parlons a été écrit), à la suite de cette longue ligne de quais qui permet de relever par un barrage le niveau des eaux dans toute la longueur de la ville, et de créer ainsi une chute d'eau dont la puissance motrice serait extrêmement considérable. N'est-ce pas au conseil municipal de la capitale qu'il appartiendrait de réaliser une semblable entreprise, qui doit compenser l'une des causes d'infériorité de Paris comme ville manufacturière, la cherté de la force motrice?

Déjà la construction du canal Saint-Maur, ayant atteint un but analogue à celui dont nous parlons ici, a été fort utile, et les forces motrices qu'il permet d'utiliser, peu appréciées à l'époque où les ponts et chaussées exécutèrent ce beau travail, quand l'industrie était moins avancée, ont été louées à un prix élevé et parfaitement utilisées avec grand profit.

Comme exemple d'une application de ce genre, nous citerons la ville de Neufchâtel, en Suisse, et, sur une petite échelle, bien des villages situés dans les pays de montagnes, qui recueillent les eaux d'assez loin, par des travaux faits en commun par les habitants du village.

Nous n'en dirons pas davantage au sujet de ce mode d'action des municipalités; nous croyons que c'est celui qui doit se rencontrer le plus souvent; mais ce n'est pas le seul. Il est nombre de cas où leur intervention dans une opération industrielle, sur laquelle repose toute la production de la localité, peut être chose avantageuse, peut être un véritable bienfait, mais il est impossible

de rien dire de général à cet égard : on ne peut que se décider suivant les cas spéciaux, et surtout en établissant comme principe fondamental de cette intervention, que la municipalité ne doit jamais faire autre chose que seconder l'industrie privée, et non lui faire concurrence; jamais empêcher un citoyen de retirer les fruits de son travail, ne jamais écraser ses efforts individuels par la concurrence de l'association de tous.

Nous ne croyons pas douteux que, dans nombre de cas, on rende l'existence des petits ateliers parfaitement possible, par la jouissance de biens communaux d'un nouveau genre, d'une espèce de mainmorte industrielle mise à la disposition de petits établissements, se groupant pour retrouver, par la juxtaposition, tous les avantages de la fabrication en grand, la division extrême du travail, l'utilisation des déchets, etc., sans perdre les avantages du petit atelier où le fabricant, n'étant que le premier ouvrier, peut appliquer tous ses soins à un détail de fabrication, et par sa surveillance intéressée de chaque instant, tirer excellent parti des éléments dont il dispose.

Ce système tend à faire reposer principalement la supériorité industrielle du pays sur la prospérité de centres industriels comprenant un nombre sans cesse croissant de nouvelles fabriques, commençant sur une échelle modeste, et à créer ainsi une division du travail d'un ordre supérieur. Si l'on doutait de la valeur de ce système, nous répondrions en citant Birmingham, Lyon, Saint-Étienne, Elbeuf, Roubaix, Paris pour l'article de *Paris*, et tant d'autres accumulations si puissantes de fabriques souvent minimes, mais extrêmement multipliées, pour la production d'un même genre d'articles.

Nous allons terminer en cherchant à fixer par un exemple comment, dans un cas assez récent, le pouvoir social eût pu intervenir dans la production, en appliquant ces principes et sans froisser aucun intérêt. Nous voulons parler de la filature du lin.

Chacun sait ce qu'était dans nos campagnes la filature du lin et du chanvre : c'était le labeur du pauvre, l'occupation de la veillée sur presque toute la surface de la France; c'était, malgré la modicité du prix des façons, une production très-considérable, une source de bien-être ou au moins un moyen d'existence pour une grande partie de la classe agricole, qui forme les deux tiers de la population française. La société ne s'est pas inquiétée de voir tout ce travail disparaître, tous ces salaires échapper aux laborieuses ménagères pour servir à payer le travail des machines anglaises, ou au moins n'a su que favoriser par des droits de douane l'importation de ces machines, pour constituer en France des établissements sur une grande échelle, semblables à ceux de l'Angleterre; y voir concentrer

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

par suite une industrie dont les bienfaits étaient répartis sur toute la surface du pays.

N'y avait-il rien de mieux à faire? On n'oserait le soutenir en présence des résultats que l'on a obtenus.

Rappelons brièvement l'historique de l'invention de la filature du lin à la mécanique.

Napoléon, préoccupé du désir d'opposer à l'industrie anglaise du coton une rivale digne d'elle, proposa un grand prix d'un million pour celui qui parviendrait à filer le lin à des numéros aussi élevés que ceux auxquels on était parvenu pour le coton, prenant ainsi une initiative semblable à celle dont nous voulons charger l'État. Grâce à cet encouragement, la filature mécanique du lin devint l'objet d'une préoccupation générale. M. P. de Girard résolut le problème : les machines employées actuellement sont celles qu'il a inventées, auxquelles on a à peine apporté quelques perfectionnements.

Mais, dit M. Coquelin, auquel nous empruntons la plupart de ces détails, il ne suffisait pas de produire du fil par des machines, il fallait arriver à soutenir la concurrence des fileurs à la main pour que la filature mécanique existât réellement.

En France, dans les provinces les plus riches, le salaire des fileuses ne s'élevait guère à plus de sept ou huit sous par jour, en comptant la journée pleine : ajoutez à cela que la matière première était à leurs pieds et les frais de transport nuls.

Néanmoins après 1815, quelques établissements se formèrent où les machines inventées entrèrent en fonction : la filature mécanique fut constituée.

En 1824, un Anglais, M. Marshall, vint en France visiter nos ateliers, nos établissements, s'appropria d'un seul coup tous les procédés inventés, et alla fonder à Leeds un établissement qui prospéra.

A partir de ce moment l'Angleterre acquit une supériorité marquée; elle marcha de progrès en progrès. Aussi après avoir pourvu à la consommation de la Grande-Bretagne, ses filatures commencèrent en 1830 à répandre leurs produits à l'étranger, et bientôt inondèrent le marché français à des prix qui ne permettaient plus la concurrence du travail à la main.

Quelle était la position de cette industrie en France? « En 1831, la France possédait trente-sept filatures de lin à la mécanique : Lille seule en renfermait douze. Situées au centre de la production de la matière première, ces douze machines à filer donnaient des résultats sinon brillants, du moins assez satisfaisants pour encourager les efforts et les sacrifices qu'exigeait le perfectionnement d'une industrie naissante; mais bientôt cet état prospère fut troublé par l'invasion des produits des filatures anglaises, de telle sorte qu'aujourd'hui quinze ou seize de ces établissements subsistent à peine dans toute la France : il en reste huit à Lille. » (Hautrive de Lille, *Dictionnaire du commerce.*)

Depuis cette époque, on a simplement importé les machines anglaises, copié dans tous ses détails le travail de la factorie anglaise, son emploi des forces motrices, sa production sur une grande échelle, son exploitation par grands capitaux, et de magnifiques usines de ce genre prospèrent aujourd'hui.

Comment est-il croyable cependant que pour une industrie pratiquée de temps immémorial, dont la matière première se rencontre à chaque pas, la France, qui avait su inventer la fabrication mécanique fût incapable de l'exploiter sans imiter les établissements anglais? Cela n'est pas soutenable. Ce n'était ni l'habileté des ouvriers, ni la connaissance des machines qui nous manquait. Sur quoi repose donc le succès de l'Angleterre? Sur le bon marché de puissants moteurs qui remplaçaient les manéges de nos petites fabriques, sur l'économie d'une exploitation sur grande échelle, sur les perfectionnements des machines. N'est-il pas évident que tous ces avantages pouvaient êtres assurés aux petits ateliers par un peu d'aide, de secours qui leur eût permis de naître en assez grand nombre pour former par leur juxtaposition une très-grande exploitation?

Si l'on considère que le peignage se fait encore presque partout à la main, et que dans ce cas la filature du long brin n'exige que trois machines et celle des étoupes deux de plus, nous croyons que l'on eût sauvé cette industrie, qui produisait 300 millions de main-d'œuvre outre 175 millions de travaux agricoles, en évitant la concentration dans de grands ateliers de cette industrie, par des mesures analogues à celles que nous avons indiquées. Elles eussent pu, dans ce cas, se résumer ainsi :

1° Mise au concours d'un système simplifié de machines correspondant au moindre assortiment possible. Encouragement par diminution de prix aux premiers acquéreurs.

2° Force motrice mise par les communes dont la fabrication des toiles formait l'industrie principale, à la disposition des personnes de la localité les plus capables d'obtenir un bon résultat.

Dans ces conditions un pays tel que la Flandre, la Bretagne, eût été bientôt couvert de semblables fabriques, tous les déchets de filature, de tissage, eussent été parfaitement utilisés par suite d'une très-grande division du travail dans chaque localité, et nous sommes persuadés que, loin de disparaître, l'antique industrie de ces contrées eût pris le plus brillant développement.

C. MONOPOLES LÉGAUX.

SERVICES PUBLICS. — VOIES DE COMMUNICATION.

L'intervention de l'État ne peut être déclinée, comme déterminant et limitant les monopoles, dans le cas où ceux-ci sont constitués par l'intervention du pouvoir de l'État, par la délégation de partie du pouvoir social. Ainsi quand pour la construction d'une route, d'un chemin de fer, une compagnie vient solliciter de l'État la faculté d'exproprier les propriétaires qui ne voudraient pas lui livrer passage, le droit de couper les routes, de jeter des ponts sur les fleuves, d'user en un mot du domaine public comme d'une propriété, entraîne naturellement, pour la représentation du pouvoir social, le droit de juger l'entreprise projetée.

Ou le pouvoir social, concentrant dans ses mains l'exercice de ce pouvoir, ne voulant pas le déléguer, exécutera lui-même l'entreprise; mais alors en grandissant évidemment la nation administrative, en tendant à la plus complète centralisation, sans produire l'enrichissement de proche en proche, que ferait naître dans la masse de la nation, le succès de semblables entreprises; ou il se contentera de surveiller la délégation de ses pouvoirs; il favorisera l'esprit d'entreprise, l'initiative des citoyens, en tendant à la décentralisation, mais en courant le danger de voir se constituer des monopoles s'étendant bientôt au delà des limites qu'il aura cru prévoir.

La France avait pris l'initiative du premier système : rappelons la gabelle si décriée, mais qui, comme service public au moyen âge, pour la distribution d'une denrée aussi nécessaire que le sel, était une admirable création avant que l'impôt, confondu avec le prix du service, ne fût devenu excessif. Rappelons encore l'admirable réseau de nos routes royales affranchies de tout péage, et leur grande influence sur la fusion des diverses provinces de France.

Nous prendrons pour exemple d'un monopole exercé par l'État celui des postes, pour montrer combien il peut être d'intérêt public qu'un service semblable, exercé au profit de tous, soit administré par l'État. Nous parlerons ensuite des voies de communication, et surtout des chemins de fer.

MONOPOLE DES POSTES.

La régie des postes, la centralisation du transport des lettres dans les mains de l'État, est fort ancienne en France; jamais on n'a songé à confier à d'autres qu'à des fonctionnaires publics, un service qui entraîne une grande responsabilité.

Sous le rapport de la sécurité pour les objets confiés à la poste, de la régularité dans le service, l'administration française ne laisse rien à désirer. Nous n'avons pas à décrire ici son mode d'organisation, que chacun au reste connaît. Constatons seulement qu'elle s'est laissée singulièrement devancer par l'administration anglaise qui a réalisé un si admirable progrès en adoptant le beau système de E. Rowland-Hill et réduisant à un bon marché excessif le prix du port des lettres (à 0 fr. 10 pour toute l'Angleterre).

Grâce à cet exemple, une expérience qui a permis de constater le triplement du nombre des

lettres, lorsqu'on réduit le prix du port à n'être plus qu'une dépense minime, on est enfin arrivé à réduire en France le prix du transport des lettres à 20 centimes.

Pour ce faible prix, grâce à l'économie de frais résultant de la centralisation du service, et grâce à l'accroissement des correspondances, une lettre parcourt le territoire entier du pays, un facteur va chercher la personne à laquelle elle est adressée dans quelque village, dans quelque hameau qu'elle vive. Et ce service si rapide, si régulier, si sûr, fait par des agents offrant toutes les garanties, et malgré tout cela fait à si bas prix, rapporte à l'État 25 à 30 millions comme impôt. Certes aucun exemple ne peut mieux démontrer la supériorité de la régie de l'État sur l'exploitation par concurrence, dans ce qui se rapporte à la gestion d'un service d'intérêt général, dont la centralisation évitant les rouages inutiles, les doubles emplois, procure une grande économie en même temps qu'elle assure une exécution parfaite dont jouissent également tous les citoyens, les plus pauvres comme les plus riches.

INDUSTRIE DES TRANSPORTS.

Une grande, une immense industrie, celle des transports de voyageurs et de marchandises, dont les statistiques, lors de la création des chemins de fer, faisaient monter la somme des produits annuels en France à près d'un *milliard*, était et, en partie minime, est encore exploitée par une foule de citoyens. Les uns, propriétaires de messageries, exploitaient les grandes distances de ville à ville, et malgré le monopole qu'avaient su se créer, à l'aide de grands capitaux, deux riches compagnies, leur nombre était très-considérable. Quant au transport des marchandises, outre une très-grande quantité d'entrepreneurs de roulage propriétaires de services dits accélérés, une multitude de charretiers, propriétaires de leur charrette et de leurs chevaux (l'élément démocratique du roulage, dont la concurrence des grandes entreprises n'a jamais pu triompher), faisaient la très-majeure partie des transports de marchandises sur toute la surface de la France.

Si l'on ajoute à ces intérêts ceux des maîtres de poste dont les établissements étaient d'une grande importance, on admettra facilement que la transformation d'une industrie aussi capitale exigeait les plus grandes précautions à tous les points de vue, et notamment à celui de la destruction des moyens d'existence d'une classe nombreuse de citoyens, parvenus à trouver dans leur travail l'aisance et quelquefois la fortune.

Mais par-dessus tout, il faut remarquer que le prix du transport venant s'ajouter au prix de toutes les denrées qui ne se consomment pour ainsi dire jamais sur les lieux de production, les richesses d'un pays s'accroissent avec l'amélioration des moyens de transport, le prix des marchandises baissant par cela même sur les lieux

de consommation. Aussi la question des voies de communication a toujours été au premier rang de celles dont une société bien organisée s'est préoccupée. Construction de routes, de canaux, creusement du lit des rivières, amélioration des ports de mer, etc., tous ces travaux sont au premier rang de ceux qui peuvent servir à développer la prospérité d'un pays. Pour en juger, qu'on voie où en sont les pays où les voies de communication sont imparfaites, l'Espagne par exemple.

Le système adopté en France par l'ancienne monarchie est essentiellement gouvernemental, si nous pouvons nous exprimer ainsi, le seul en rapport avec cette fiction du pouvoir d'un roi, d'un chef ayant des droits plus grands que ceux de la société elle-même. L'État, seul constructeur des grandes routes, a débarrassé la circulation de tous les droits de barrière qui la grèvent dans la plupart des pays. Ne se contentant pas, comme dans les contrées où les voies de communication sont la propriété des compagnies, de fournir de bonnes routes, des canaux, aux pays riches déjà par leur industrie, il a cherché à développer toutes les sources de richesses qui pouvaient exister dans les diverses parties du territoire. C'est ainsi que le canal du Midi, ce bel ouvrage qui excitait la noble jalousie du grand Vauban, entrepris par Riquet grâce à l'appui de Colbert, et qui ne put se terminer que par l'intervention de ce grand ministre, a été, pour les pays qu'il traverse, une source féconde de richesses et de prospérité, grâce au profond sentiment qu'avait ce grand homme de la justice de l'intervention de l'État dans une affaire d'un intérêt aussi général. On ne saurait donc nier la grandeur de ce système.

Nous avons cherché à établir quelle était la position de l'industrie privée et le rôle de l'État dans la question des transports, au moment de la révolution qu'y devait apporter la construction des chemins de fer sur l'ensemble du territoire. Ce nouveau genre de voies de communication exigeait d'après sa nature même :

1° Des frais de construction extrêmement considérables;

2° L'unité d'exploitation.

C'en était donc fait, par la force des choses, de l'industrie morcelée qui correspondait à de si nombreux intérêts : la construction des chemins de fer rendait sa destruction infaillible. Quant au progrès résultant de la réduction des prix de transport et de la vitesse de parcours qui devaient provenir de la construction des chemins de fer, il fallait l'atteindre soit par la construction par l'État, soit par la concession à des compagnies.

Examinons ces deux systèmes, nous passerons ensuite à celui qui a été adopté.

L'État, construisant et exploitant lui-même les chemins de fer, ne créait de monopole qu'au

profit de tous. Propriétaire des chemins de fer, il pouvait exploiter l'industrie des transports de deux manières. L'une, c'était d'établir des tarifs assez élevés (assez bas toutefois, pour assurer la préférence à ce mode de transport), et alors trouver dans l'exploitation des chemins de fer un revenu, un impôt fort considérable. L'autre moyen, bien préférable, était de faire de ce nouvel instrument un puissant moyen de développer la richesse et la civilisation. En faisant les transports à un prix seulement égal au prix de revient ou peu supérieur, le pays ressentait par cela même une véritable augmentation de richesses. Les produits arrivant dans chaque pays grevés de frais de transport moindres baissaient de prix par cela même.

Remarquons que, dans un semblable système, le bon marché développant dans une proportion immense les transports (semblablement à ce que l'on a vu pour la poste aux lettres en Angleterre), les décuplant souvent pour de petites distances, il en résulte la possibilité de réduire les prix de plus en plus, et par suite, de pousser bien loin les progrès de tout genre du pays.

Ce système est celui que nous avons vu appliquer avec succès en Belgique, au moins pour les lignes qui réunissent ses plus grandes villes. C'est par lui qu'elle a assuré sa prospérité et affirmé sa nationalité auparavant douteuse.

L'immensité de l'entreprise dont les dépenses se comptent par milliards pour un grand pays comme la France, les armées d'employés qu'exige l'exploitation des chemins de fer étaient autant d'obstacles qu'il était difficile de surmonter sans peser singulièrement sur la nation, sans tourner le dos à l'avenir, où les associations libres de citoyens intelligents doivent suffire pour donner satisfaction à tous les intérêts d'ordre industriel.

Le système des compagnies recevant des encouragements de l'État, et surtout la garantie de l'intérêt des capitaux engagés, car l'entreprise était trop lourde, au moins au début, pour le crédit privé, offrait l'assurance d'une exploitation plus intelligente, plus capable de développer toutes les occasions de recettes que celle de l'État. Mais aussi elle offrait cet inconvénient que l'exploitation, soumise toutefois à un tarif modéré, ne devait plus être faite au point de vue seul de l'intérêt général, mais surtout à celui de l'intérêt privé des compagnies. Sauf cet inconvénient, on peut dire que la division en actions et obligations de la propriété des chemins de fer a été le point de départ d'un immense accroissement de richesse mobilière, de la mise en valeur d'une grande quantité de produits avilis sur les divers points du territoire. Ces titres ont singulièrement facilité le payement d'immenses dépenses, permis d'effectuer l'opération de crédit et consistant à payer un immense capital en titres en fournitures par la propriété de la valeur créée.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

Le remède aux inconvénients que peut présenter l'exploitation des compagnies pouvait résulter de l'intervention de l'État, exercée non-seulement au début, mais encore pour affranchir les grandes lignes de toute concurrence, par l'introduction de cette clause dans la concession : Au delà d'un certain revenu (6 ou 7 p. 100 par exemple) toute compagnie devra chaque année abaisser ses tarifs d'une certaine quantité chaque année (5 p. 100 par exemple). De cette manière la circulation croissant par suite de l'abaissement des tarifs, l'extrême bon marché des transports eût résulté de leur développement. C'est ainsi qu'on pourra atteindre un jour le but que l'État doit poursuivre avant tout, l'extrême bon marché des transports.

En effet, lorsqu'un chemin de fer est exploité, il y a deux systèmes pour obtenir un maximum de produit net : l'un consiste à établir des tarifs élevés, de manière que le revenu étant assez considérable, les frais soient restreints ; l'autre consiste à établir des tarifs très-bas, à faire croître le nombre des voyageurs, la quantité des marchandises transportées, et à obtenir de grosses recettes en même temps que des frais d'exploitation considérables.

Les deux systèmes divisent les compagnies en Angleterre ; le second est évidemment celui qui correspond à la plus grande quantité de services rendus, le seul en vue duquel l'État doive déléguer son droit, s'il veut remplir convenablement sa mission ; celui qu'il doit rendre obligatoire, et qui donnerait les plus féconds résultats, si on appliquait la clause de partage des bénéfices, si on n'imposait pas aux compagnies une extension de leur réseau à des contrées pauvres, ce qui rend les bénéfices impossibles.

L'intervention directe de l'État n'est plus nécessaire aujourd'hui (si ce n'est pour faire jouir des avantages des chemins de fer de petites localités), car tous les capitaux se portent dans cette direction ; mais qu'on n'oublie pas, pour justifier au besoin les encouragements de l'État, qu'il a fallu dans notre pays, où l'association n'est pas entrée dans les mœurs, pour obtenir des chemins de fer exploités au point de vue de l'intérêt des compagnies, attendre pendant vingt années que l'éducation du public fût faite; que ces voies de communication fussent impérieusement réclamées par les intérêts privés, au lieu d'être venues au-devant de ces intérêts et d'avoir développé vingt ans plus tôt tous les éléments de prospérité de la France par des moyens connus de tous les gens instruits !

Voici ce qu'écrivaient, en 1832, des auteurs qui avaient le sentiment parfaitement net des hautes destinées de notre pays, si on avait su entrer franchement dans cette voie, et qui se sont associés comme ingénieurs aux travaux qui ont été exécutés depuis. (*Vues politiques et pratiques*

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

ur les travaux publics de la France, par MM. Lamé, Clapeyron, Stéphane et Eugène Flachat, 1832.)

« Les travaux publics auxquels le pays doit la plus forte part de ses progrès industriels, agricoles, commerciaux; le vaste réseau de nos routes royales; les canaux du Languedoc, du Centre, de Saint-Quentin; les 536 lieues de canaux en ce moment en exécution, n'auraient pas été établis si l'on eût dû attendre que des particuliers en fissent l'objet d'une spéculation privée; et comme il nous paraît impossible de supposer qu'on puisse élever l'ombre même du doute sur l'intérêt de ces travaux, nous ne saurions croire qu'il fût moins utile aujourd'hui de continuer dans cette voie. Loin de là, nous croyons que, plus que jamais, il est bon de devancer le moment où des routes, des canaux ou des chemins de fer pourraient devenir l'objet d'une spéculation privée, et d'établir ces chemins de fer, ces canaux, ces routes, non parce que l'on s'y trouverait comme forcé par un mouvement exubérant de transports et d'échanges, mais pour développer, pour créer même ces transports et ces échanges; pour répartir plus également par tout le territoire les bienfaits des communications, du commerce, de la civilisation; pour mettre en valeur le sol tout entier avec toutes ses ressources. »

L'État possède d'ailleurs, dans les impôts, un moyen de profiter de l'accroissement de richesses produit par de nouvelles voies de communication, qui lui permettent de retirer de ses avances des résultats qui échappent à une compagnie et qui justifient tout à fait son intervention pour aider à la réalisation de ces utiles entreprises.

« Le revenu net du canal du Centre, dit M. Vallé, est d'environ 400,000 fr.; il a coûté, en argent d'aujourd'hui, à peu près 16,000,000 de fr. Une compagnie qui l'aurait exécuté ne tirerait donc pas 3 p. 100 du capital qu'elle y aurait placé.

« D'après les recherches d'un ingénieur distingué (M. Favier), ce même canal, en 1824, avait augmenté la valeur annuelle des productions agricoles et industrielles de la France de 5,600,000 fr. au moins. Or, sur ce revenu, l'État prenait en patentes, en impôts foncier et mobilier, et en droits indirects autres que ceux des canaux et rivières, une somme extrêmement considérable. De telle sorte que la France tire 12 ou 15 pour 100 d'un capital qui, employé à ce grand ouvrage, ne donnerait pas 3 p. 100 à une compagnie. »

On a démontré de même que le canal du Languedoc donne en six années au commerce une économie égale au prix de sa construction; plus un bénéfice égal sur les impôts, en ayant donné aux produits agricoles et autres un accroissement annuel d'environ les deux tiers de son prix de construction. Certes il faudrait être bien pessimiste pour regretter l'argent que Colbert prit au trésor pour achever cette grande œuvre.

Je terminerai en cherchant à démontrer que c'est une idée erronnée que d'admettre un seul système comme possible pour la concession de voies de communication, des chemins de fer notamment. Si, pour les lignes de premier ordre, pour la communication de la capitale d'un pays à la mer, pour la ligne de Paris à la Méditerranée par exemple, il y a des intérêts de la société tout entière en jeu qui exigent une intervention directe de l'État, et sinon la construction directe par lui, pour que le gouvernement reste dans sa sphère, au moins le maintien de son influence de chaque instant sur la compagnie qui l'exploite, il n'en est pas de même pour des lignes très-importantes encore, mais qui intéressent bien plus les contrées qu'elles traversent que l'État même. L'exploitation des grandes artères est avec avantage remise à des compagnies, limitées par des cahiers de charges quant à l'étendue de leurs bénéfices, assujetties à l'égalité des tarifs pour tous les consommateurs, etc., de manière à éviter la création de monopoles abusifs et dangereux.

Mais aujourd'hui lorsqu'il s'agit de faire pénétrer les chemins de fer dans les parties les plus reculées du territoire, de construire ce qu'on appelle le quatrième réseau, on voit de semblables compagnies prêtes, pour la plupart, à succomber sous le lourd fardeau qu'on parle de leur imposer et on sent bien qu'il s'agit pour elles de sacrifices sans compensation, que le mode d'exploitation des grandes lignes, ne leur permet pas de tirer un parti fructueux des petites lignes qu'il s'agit de construire en grand nombre.

Si, au lieu de vouloir les faire dans le système adopté pour les premières, on les laissait construire dans un système plus libéral, on verrait bientôt le pays couvert de petits chemins qui contribueraient à accroître et à répandre par tout la richesse. Ce système consisterait à laisser la propriété entière, la liberté d'exploitation absolue aux constructeurs, de leur permettre de trouver ainsi des bénéfices là où on ne peut en obtenir dans le système actuel, de les laisser se confondre avec les sources de richesse de chaque contrée.

Les grandes usines, comme les salines de Dieuze, les houillères d'Anzin, ont fait pour leur service des embranchements qui les relient au chemin de fer voisin. Or, chaque contrée est un vaste ensemble d'exploitation industrielle et agricole qui a besoin de son embranchement, pourvu qu'il puisse l'utiliser pour exploiter convenablement ses richesses, quelque différence qu'il y ait entre cette exploitation et celle admise aujourd'hui.

Je connais un pays peu prospère, dénué de chemins de fer et où on ne peut en construire que de ruineux. Cependant l'agriculture y manque de débouchés et d'engrais, les terres froides ont besoin de chaux qui ne se rencontre pas dans la contrée. Si la construction d'un chemin de fer restant la propriété de ses créateurs était licite, les propriétaires des terres les plus capables viendraient se grouper autour de quelques spécula-

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

teurs pour projeter sa création. Autour de ce noyau viendraient se grouper bien des intérêts, bien des moyens de fortune, qui ne pourraient résulter toutefois que d'une meilleure exploitation des ressources du pays, qui, la plupart, ne peuvent se séparer du chemin de fer, et ce ne serait qu'à la condition d'être propriétaire de houillère, de four à chaux, peut-être de bois, de terres, de sources minérales, etc., ce ne serait qu'avec des tarifs tout particuliers, un mode d'exploitation spécial dans chaque cas, que la compagnie du chemin de fer pourrait faire plus ou moins ses frais, mais sûrement enrichir le pays.

Agir autrement que je ne l'indique, c'est vouloir faire faire les chemins vicinaux par décret du ministre de l'intérieur, tandis que c'est l'affaire de voisins liés par les mêmes intérêts. Non-seulement en n'agissant pas comme je le dis, on n'aura pas tous les chemins de fer de petite communication, mais ceux qu'on fera seront peu utiles. Ici, comme pour les brevets d'invention, au début de la création de la richesse, dans un nombre infini de cas, non-seulement l'extension d'un monopole n'est pas nuisible, mais il est le plus puissant levier pour la création de la richesse.

Je reproduirai un curieux document qui montre l'accroissement qu'a éprouvée la fortune publique en Angleterre du fait de la création des lignes de chemins de fer, grâce à l'ardeur avec laquelle la nation anglaise a su profiter de l'occasion de travail profitable que leur construction lui offrait, et à l'accroissement du nombre de capitalistes qu'a engendré la division de leur propriété, et par suite du nombre de personnes capables de concevoir et faire réussir des entreprises industrielles. Le même résultat, chacun le sait, a été obtenu en France, en Allemagne, en Amérique, et l'ère des chemins de fer est une ère d'accroissement considérable de richesse pour le monde entier. Je veux parler du discours d'installation de M. Mac-Clean, président de la Société des ingénieurs civils de Londres en 1864.

« Je me propose, dit-il, de faire ressortir l'influence extraordinaire que les travaux du génie civil ont exercée pendant les trente dernières années sur l'avancement matériel et intellectuel de la Grande-Bretagne. Je vais démontrer que l'étonnante prospérité, atteinte dans le cours de cette période, c'est principalement à nos chemins de fer que nous la devons. »

« C'est une erreur que d'attribuer en grande partie cette prospérité aux perfectionnements de l'agriculture, comme on le dit souvent. Non, le sol n'est pour rien, ou presque rien, dans l'accroissement de la richesse de l'Angleterre; et, pour le prouver, il suffit de comparer des divers éléments de cette richesse à deux époques caractéristiques. L'une est l'année 1815, la dernière où un relevé officiel du produit de l'*income-tax* fournit le moyen d'évaluer exactement le revenu de la Grande-Bretagne. En 1815, la machine à vapeur, au point où Watt l'avait amenée, les machines employées par l'industrie du tissage, les plus grandes découvertes industrielles, en un mot, à l'exception de la locomotive, étaient déjà en pleine application. En 1856, d'autre part, toutes les grandes lignes du réseau des chemins de fer anglais étaient livrées à l'exploitation. C'est aussi l'année où l'*income-tax*, aboli depuis 1816, revient fournir des éléments précieux à la statistique.

« En 1815, toutes les formes de propriété foncière comprises sous les dénominations de *terres*, *fiefs*, *dîmes* et *redevances*, représentaient un revenu de 1,038,000,000 fr. En 1856, le revenu relatif aux mêmes chapitres, plus les *pêcheries*, s'était abaissé à 954,000,000 fr.

« Le revenu de la *propriété bâtie*, au contraire, en en retranchant les habitations des fermiers, s'était élevé entre 1815 et 1856, de 406,500,000 fr. à 1,211,000,000 fr., c'est-à-dire que cette valeur a triplé.

« En 1815, les *carrières*, *mines*, *fonderies*, *forges*, etc., produisaient des bénéfices montant à 36,000,000 fr. En 1856, les sources analogues de bénéfices, sous les titres de *carrières*, *mines*, *fonderies* et *forges*, *canaux*, *chemins de fer*, *usines à gaz*, etc., produisaient 452,000,000 fr. Cette branche du revenu public s'était donc augmentée de plus de 1,200 p. 100.

« Les gains des fermiers ne se sont accrus que de 62,000,000, à peine 12 p. 100. Le revenu des *fonds publics* s'est abaissé de près de 140,000,000 fr., sans doute par le fait de l'amortissement. Les émoluments des *fonctionnaires* et *employés de l'État* se sont accrus de 90,000,000 fr., environ 30 p. 100. Enfin, les bénéfices du *commerce* et des *professions libérales* ont augmenté de 1,109,000,000 fr., près de 150 p. 100.

« Il résulte des données qui précèdent que pendant les quarante années sur lesquelles s'étend la comparaison, le chiffre de toutes les sources de revenu, aptes à payer l'impôt, s'est accru de 2,252,000,000 fr., c'est-à-dire de 60 p. 100.

« Quelles sont les causes de cet énorme accroissement de la fortune de la Grande-Bretagne? D'où sont sorties ces centaines de millions de livres sterling, placées dans les railways, les canaux, les mines, la métallurgie, la navigation, tant dans le *Royaume-Uni* que dans l'Inde et les autres colonies anglaises? M. Mac Clean explique cette prospérité inouïe principalement par l'institution des chemins de fer. Après l'ouverture de la ligne de Manchester à Liverpool, les capitaux anglais, qui, jusque-là, ne s'étaient que parcimonieusement associés aux entreprises de grands travaux publics, se précipitèrent sur les titres des compagnies. On en arriva à se figurer que le crédit était une mine inépuisable. Une spéculation effrénée amena des désastres, et la panique succéda à l'engouement. Néanmoins, l'élan était donné au système; depuis lors il ne cessa d'avancer d'un pas soutenu; et aujourd'hui les voies

ferrées servent un intérêt rémunérateur à un capital de dix milliards de francs. Si cet immense capital a pu être réuni, c'est que les actions des compagnies de chemins de fer, fondées sur le principe de la responsabilité limitée, occupent la première place dans la confiance du public, qu'il les choisit de préférence pour placer ses économies, par suite de la facilité du transfert des titres et des convenances que les différentes classes de la société trouvent dans leur fractionnement. »

E. Flachat établissait les chiffres suivants pour la France, en 1861 :

Le capital dépensé pour les chemins de fer français était, en 1862, de 8,352,000,000 pour 30,130 kilomètres. La recette des chemins de fer français a été, en 1861, de 461,500,000 fr. qui sont le produit d'un tarif moyen de 6 à 7 centimes par voyageur et par tonne de marchandises transportées à 1 kil., au lieu de 20 centimes par voie de terre.

L'économie produite par les chemins de fer a été de 580,000,000 sur les marchandises et à peu près autant pour les voyageurs.

On voit quelle influence ces voies de communication ont eue sur la richesse du pays, pendant que leur construction entraînant une dépense de 8 milliards, a utilisé admirablement tous les bras, toutes les économies du pays, en créant au profit de toutes les classes de la société des titres reposant sur la propriété la mieux justifiée. Certes, jamais plus puissant élément de richesse n'est venu transformer plus heureusement une société, et il n'est pas de motif plus réel de l'accroissement de la richesse mobilière, que nous avons vu grandir en France comme en Angleterre, d'une si merveilleuse manière.

Cet enrichissement a été surtout produit par la division en actions et obligations de cet immense capital. Bien des familles sont parvenues à l'aisance en ayant fait de vaillants efforts pour acquérir des valeurs qui ont eu un si grand succès. Sans doute, dira-t-on, si l'État avait exécuté ces travaux, il eût émis des titres de rentes que l'on aurait pu acquérir, mais ce ne sera jamais le paysan qui achètera les titres de l'État. il se souvient de la banqueroute de la première révolution, tandis qu'il achète l'obligation du chemin de fer qui borde son champ. C'est, en un mot, par cette grande division de la propriété industrielle que la France s'est enrichie, c'est ce qu'il y a à continuer et non à remonter le courant de la démocratie industrielle par un jacobinisme qui s'appelle le chemin de l'État, formé de toutes les lignes en faillite.

En résumé on peut dire que le système de grandes compagnies, se mouvant dans les limites d'un cahier de charges bien déterminé par le titre de concession, possédant un capital considérable garanti par l'État, a admirablement réussi en France, et que ce système que l'on peut appeler le système français, consistant en compagnies, organisées sous la surveillance de l'État, a été reconnu infiniment supérieur à celui de la libre concurrence, pour les grandes entreprises d'intérêt général qui réclament des capitaux extrêmement considérables. Nous énoncerons simplement les motifs incontestables de cette supériorité.

1° Il évite des pertes de capitaux. Il est évident que deux chemins de fer entre deux grandes villes coûteront deux fois plus cher qu'un seul chemin de fer. C'est une perte de capital évidente, et comme, ainsi que l'expérience l'a constamment montré en Angleterre, la baisse des prix de transport peut difficilement ruiner une des puissantes compagnies, un traité intervient bientôt entr'elles pour fixer un tarif commun, aussi élevé que possible, pour chercher la rémunération de tous les capitaux engagés. Pratiquement le système de concurrence est destructeur de capitaux et opposé à une exploitation à bon marché, qui est surtout le but à atteindre au point de vue des intérêts généraux.

2° Le système de concession directe est favorable à l'honnêteté des transactions. Tandis que toute concession réclamée par des banquiers, conduit à un agiotage effréné, où les intérêts des actionnaires sont toujours sacrifiés, l'État accordant sa garantie à des œuvres bien étudiées, devient le surveillant de la loyauté des transactions. C'est ce que démontrerait surabondamment l'étude des scandales, auxquels ont donné lieu les concessions de chemins de fer d'intérêt local, qui, après avoir enrichi des banquiers et des entrepreneurs constructeurs, ont conduit le plus souvent les compagnies à la faillite.

3° Une forme particulièrement heureuse de traité a été appliquée récemment à des concessions faites à des compagnies; je veux parler du partage d'intérêt entre l'État garant, et la compagnie concessionnaire, après un intérêt largement rémunérateur, des capitaux employés. C'est grâce à cette part revenant à l'État, dans les chemins de fer français, et sous une forme particulière, que l'on a pu charger les grandes compagnies de l'exécution du second réseau de chemins de fer; c'est-à-dire qu'on a pu doter de ce moyen perfectionné de transport, une foule de localités trop peu importantes pour qu'on eût pu y songer dans aucun autre système. Mais l'exemple le plus frappant est celui fourni par la Compagnie parisienne du gaz, qui, ayant réuni les usines de la ville de Paris, a pu, après une réduction de près de moitié du prix du gaz, répartir de gros bénéfices à ses actionnaires et verser dans les coffres de la ville, sept à huit millions par an.

Si l'on cherche à tirer de ces faits tout l'enseignement économique qui en résulte, on verra le germe d'un élément nouveau et important du développement du système industriel, dans nos sociétés modernes.

En effet, nous avons vu en traitant la question de l'abondance de travail, qu'elle était la première

et la plus importante de toutes; or nous assistons de nos jours à ce spectacle singulier : que grâce à la hausse permanente due surtout à de riches compagnies financières, les rentes et toutes les valeurs garanties par l'État sont recherchées avec empressement, tandis que les capitaux de l'épargne fuient avec obstination les placements que leur offre l'industrie privée. Le succès de la garantie de l'État a été si grand en France, qu'elle suffit aujourd'hui pour faire naître, à volonté, des compagnies pouvant exécuter tous les travaux d'intérêt général, susceptibles d'enrichir le pays : chemins de fer, canaux de navigation, canaux d'irrigation si nécessaires pour les progrès de l'agriculture française, surtout au Midi, exploitations minières, etc., etc. : toutes ces entreprises seraient d'une réalisation facile, si l'État le voulait. Inutile d'observer que la grande abondance de travail qu'engendrent de semblables entreprises, produit, comme nous l'avons vu pour la construction des grandes lignes de chemins de fer, pour les grands travaux de Paris, l'enrichissement général, qui est la condition de satisfaction et même de vie pour nos sociétés modernes.

C'est probablement dans cette voie que se rencontreront bien des progrès que l'avenir nous réserve; c'est sans doute la seule espèce de satisfaction raisonnable pouvant être donnée aux aspirations socialistes de la population laborieuse, qui constitue la partie la plus ardente de nos sociétés modernes, si on sait en faire sortir de nombreuses compagnies indépendantes et non l'excès du fonctionnarisme; si on ne se dirige pas vers le communisme par l'exploitation de l'État, car : « si l'État, » disait Proudhon, en 1852, « se déclarait exploiteur des chemins de fer en France, pays d'unité, le gouvernementalisme passait de la politique dans le travail, et les théories du Luxembourg devenaient la religion de l'État, la nation, sans qu'elle le sût, appartiendrait aux *Icariens*. »

DES DOUANES. — DU LIBRE-ÉCHANGE.

Un des modes d'intervention le plus souvent employé par le plupart des gouvernements est celui des douanes, à l'aide desquelles on empêche ou l'on gêne l'entrée dans un pays d'une marchandise fabriquée à l'étranger, afin de réserver le marché aux producteurs nationaux; ce qui constitue évidemment un monopole légal à leur profit, relativement aux producteurs étrangers.

Nous allons examiner la question de la justice et de l'utilité de cette protection, en nous efforçant de résumer les arguments les plus valables des écoles opposées.

Les deux arguments capitaux des économistes sont les suivants :

Chaque nation s'efforçant d'obtenir par ses douanes le double résultat de vendre le plus possible à l'étranger et de lui acheter le moins possible, il en résulte évidemment hostilité ou au

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

moins antagonisme permanent, premier résultat bien fâcheux et que les économistes ont fait ressortir avec grande raison, en montrant que dans les relations commerciales se trouvait le germe le plus fécond de la paix et de la concorde universelle entre les nations civilisées.

Aussi sir Robert Peel, en faisant triompher le libre-échange en Angleterre, a-t-il été applaudi dans le monde entier, car il arborait le drapeau de la politique de la paix universelle, ses réformes tendant à rapprocher les unités que forment les divers peuples pour les fondre en une grande famille; tendance bien évidente de la race germano-latine.

Michel Chevalier rend bien cette idée dans le passage suivant, où il loue l'Angleterre d'être entrée franchement dans la voie du libre-échange.

« Le gouvernement anglais, par l'organe de Sir Robert Peel, a répudié, en 1846, la politique de haine et d'isolement, qui se prétendait astucieuse et n'était que niaise. Il a reconnu que celui qui achète n'est pas la victime, ou, comme on le dit dans la langue protectionniste, le *tributaire* de celui qui vend, pas plus quand l'opération se fait entre un Anglais et un Français, que quand les deux acteurs sont de la même nation. Il a compris et proclamé que l'intérêt de tous les peuples, comme de tous les individus, était de s'entendre et de se concerter pour la satisfaction de leurs besoins communs, chacun fournissant librement ce qu'il fait de mieux, en se stimulant tous par la mutuelle concurrence. Pensée éminemment favorable au grand nombre, par plusieurs raisons : elle suppose la paix du monde, et c'est le grand nombre sur qui retombe le plus lourd fardeau de la guerre.

« L'Angleterre, par la politique commerciale qu'elle a arborée, a superposé l'hypothèse de la paix à celle de la guerre. Un peuple qui compte sur le blé étranger pour son alimentation, s'érige par cela même en défenseur de la paix; il s'oblige à vouloir le concert des peuples. »

Nous croyons difficile de ne pas admettre comme un but souhaitable à atteindre, quelque éloigné qu'on veuille le placer, celui de faire concourir les progrès de l'industrie et du commerce à réaliser la fraternité des peuples voisins, vivant de la même vie. Il est bien inutile d'insister à cet égard.

En second lieu, les économistes ayant établi que les produits ne s'achetaient qu'avec des produits, que les services s'échangent contre des services, comme a dit avec plus de précision encore F. Bastiat, en montrant que les dons naturels n'entraient pas nécessairement dans la fixation de la valeur, et que la monnaie n'était qu'une marchandise; ils en ont conclu qu'il y avait faux calcul en même temps qu'injustice à empêcher un producteur d'échanger le produit qu'il a créé contre la plus grande utilité qu'il lui soit possible de rencontrer dans le monde entier.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

Disons d'abord de quelle manière Bastiat a clairement démontré, dans ses *Harmonies économiques*, comment sous l'influence de la concurrence, de la liberté des échanges, le don divin était gratuit, et le travail humain seul rémunéré.

« Il y a un pays, l'Angleterre, qui a d'abondantes mines de houille. C'est là, sans doute, un grand avantage *local*, surtout si l'on suppose, comme je le ferai pour plus de simplicité dans la démonstration, qu'il n'y a pas de houille sur le continent. Tant que l'échange n'intervient pas, l'avantage qu'ont les Anglais, c'est d'avoir du feu en plus grande abondance que les autres peuples, de s'en procurer avec moins de peine. Sitôt que l'échange apparaît, abstraction faite de la concurrence, la possession exclusive des mines les met à même de demander une rémunération considérable et de mettre leur peine à haut prix. Ne pouvant ni prendre cette peine nous-mêmes, ni nous adresser ailleurs, il faudra bien subir la loi. Mais bientôt par cela même que le travail d'exploitation de la houille sera très rémunéré en Angleterre, il y sera très recherché, car les hommes recherchent toujours les grosses rémunérations. Le nombre des mineurs s'accroîtra ; ils s'offriront au rabais; ils se contenteront d'une rémunération toujours décroissante jusqu'à ce qu'elle descende à l'*état normal*, au niveau de celle qu'on accorde généralement, dans le pays, à tous les travaux analogues. Cela veut dire que le prix de la houille anglaise baissera en France; cela veut dire qu'une quantité donnée de travail français obtiendra une quantité de plus en plus grande de houille anglaise, ou plutôt de travail anglais incorporé dans la houille ; cela veut dire enfin, et c'est là ce que je prie d'observer, que le don que la nature semblait avoir fait à l'Angleterre, elle l'a conféré, en réalité, à l'humanité tout entière. La houille de Newcastle est prodiguée *gratuitement* à tous les hommes. Ce n'est là ni un paradoxe, ni une exagération ; elle leur est prodiguée à *titre gratuit*, comme l'eau du torrent, à la seule condition de prendre *la peine* de l'aller chercher ou de restituer cette peine à ceux qui la prennent pour nous. Quand nous achetons la houille, ce n'est pas la houille que nous payons, mais le travail qu'il a fallu exécuter pour l'extraire et la transporter. Nous nous bornons à donner un travail égal que nous avons fixé dans du vin ou de la soie. Il est si vrai que la libéralité de la nature s'est étendue à la France, que le travail que nous restituons n'est pas supérieur à celui qu'il eût fallu accomplir si le dépôt houiller eût été en France. La concurrence a amené l'égalité entre les deux peuples par rapport à la houille, sauf l'inévitable différence qui résulte de la distance et des frais de transport.

« De ce qui précède, on peut déduire la solution d une des questions les plus controversées, celle de la liberté commerciale de peuple à peuple. S'il est vrai que les diverses nations du globe soient amenées à n'échanger entre elles que du travail, de la peine de plus en plus nivelée, et à se céder réciproquement, *par-dessus le marché*, les avantages naturels que chacune d'elles a à sa portée; combien ne sont-elles pas aveugles et absurdes celles qui repoussent législativement les produits étrangers, sous prétexte qu'ils sont à bon marché, qu'ils ont peu de valeur relativement à leur utilité totale, c'est-à-dire précisément parce qu'ils renferment une grande proportion d'utilité gratuite ! »

Rien de plus sensé que le raisonnement de Bastiat, lorsqu'il s'agit de matières premières telles que la houille, le coton, etc., de produits naturels déposés en un point du globe, ou ne pouvant se cultiver que dans certaines contrées. Aussi les arguments des partisans intelligents du système protecteur s'appliquent surtout aux produits obtenus à l'aide de manufactures et de machines, à ceux qui peuvent s'obtenir en France comme à l'étranger. On nie qu'il puisse y avoir avantage à payer une rémunération au capital engagé dans les fabriques de l'étranger, à assurer des redevances, des profits, aux monopoles personnels ou autres que l'étranger aura su se constituer.

Résumons, avant de conclure, les arguments des défenseurs les plus distingués du système protecteur. A la fusion souhaitable des intérêts de l'humanité ils opposent les intérêts politiques. Ainsi l'un des plus forts et l'un des plus brillants défenseurs du système protecteur, F. List, dit clairement que la question de protection est surtout une question de nationalité, au moins dans son principe.

« Le système de l'école, dit-il, ne voit partout que deux individus jouissant d'une entière liberté de relations les uns avec les autres... Il est évident que ce n'est pas là un système d'économie nationale, mais un système d'économie privée du genre humain, tel qu'il pourrait se concevoir sans l'intervention des gouvernements, sans la guerre, sans les mesures hostiles de l'étranger. Nulle part il n'explique par quels moyens les nations aujourd'hui florissantes sont parvenues au degré de puissance et de prospérité où nous les voyons, et par quelles causes d'autres ont perdu leur prospérité et leur puissance d'autrefois. Il enseigne comment, dans l'industrie privée, les agents naturels, le travail et le capital concourent à mettre sur le marché des objets ayant de la valeur, et de quelle manière ces objets se distribuent dans le genre humain et s'y consomment. Mais les moyens à employer pour mettre en activité et en valeur les forces naturelles qui se trouvent à la disposition de tout un peuple, pour faire parvenir une nation pauvre et faible à la prospérité et à la puissance, elle ne les laisse pas entrevoir, par la raison que l'école, repoussant absolument la politique, ignore absolument la situation particulière des diverses nations, et ne s'inquiète que de la prospérité du genre humain. »

On voit donc que List, se plaçant au point de

vue politique, demande que l'action de la loi tende à développer l'énergie, les forces productives d'une nation; que c'est comme loi somptuaire, comme obligation au travail que List approuve les douanes : c'est assez dire qu'il s'occupe surtout d'un pays qui naît à l'industrie, et sacrifie au besoin la liberté de l'individu, pour le contraindre à travailler. La question était tellement pour lui d'ordre politique que, tandis qu'il cherchait à démontrer la nécessité de réduire en Allemagne l'introduction des produits anglais par l'élévation des droits de douane, sa gloire sera d'avoir poussé à l'organisation du Zollverein, à la suppression des droits de douane entre les États de l'Allemagne (réforme nuisible, à son point de vue, aux producteurs de chaque petite principauté); d'avoir démontré la nécessité de construire rapidement les lignes de chemins de fer, condition essentielle du développement de l'industrie et de la fusion des intérêts de toute l'Allemagne.

C'est comme moyen de pousser à la création des fabriques, qui dans les premières années ne sauraient soutenir la lutte contre des fabriques plus anciennement organisées, que List défend les douanes; son principe, celui à l'aide duquel le système protecteur a été surtout soutenu par les gens intelligents, c'est l'*éducation industrielle de la nation en vue de l'indépendance, en vue de la possibilité de traiter bientôt sur le pied d'égalité avec les nations rivales*. On voit que malgré l'opposition fondamentale de ses doctrines avec celles des économistes, List n'en est cependant séparé que par une question de temps, et qu'il juge réalisable dans l'avenir le système des économistes qui, pratiqué immédiatement, lui paraît nuisible aux nations les moins avancées. Chose remarquable, ce résultat est celui auquel est arrivé de son côté un économiste fort apprécié de l'autre côté de l'Océan, l'Américain Carey, qui par des études très sérieuses sur les effets des variations du tarif de douanes aux États-Unis, voyant la prospérité résulter de la protection et les crises succéder aux diminutions des droits, a conclu que la *protection était la seule route vers la liberté des échanges*; voulant dire, comme List, que ce n'était qu'après de grands progrès d'un pays dans l'industrie qu'il pouvait supporter la liberté. La division du travail entre toutes les nations en raison des aptitudes, des conditions spéciales à chaque pays, les avantages de l'échange ne sont niés par aucun d'eux, la liberté est pour eux le but vers lequel on doit tendre.

Le second argument des partisans du système protecteur, c'est que l'axiome des économistes que les produits s'échangent contre les produits ne répond pas à tout; que si les échanges s'effectuent entre deux nations inégalement avancées dans la carrière industrielle, les manufactures de la plus avancée feront fermer celles de l'autre, l'inonderont de produits à bon marché qu'elle ne pourra payer qu'avec les produits du travail accumulé antérieurement, la propriété des maisons, des terres; qu'en un mot la nation la plus faible sera bientôt ruinée, aura mangé son capital, comme le fait un fils de famille qui dissipe son patrimoine en consommations folles.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

On voit que ces deux arguments reviennent à dire qu'il faut qu'une nation ait des produits, soit laborieuse, vouée au travail industriel, pour que l'échange lui soit avantageux, pour se lancer dans la carrière de liberté, où le succès n'appartient qu'au plus habile.

La création rapide de manufactures dans les pays qui ont adopté des lois restrictives, nous paraît le fait le plus en faveur des partisans de la protection. Nier le résultat de semblables mesures n'est pas possible. Est-ce que l'industrie du sucre de betterave serait née sans protection? Et si elle est aujourd'hui parvenue à lutter, à force de progrès, avec l'industrie coloniale, est-ce que ce résultat eût pu être obtenu par la seule liberté? Sans doute on pourra soutenir qu'il eût mieux valu ne pas faire tant de sacrifices, et qu'on ne peut protéger une industrie qu'en nuisant à d'autres qui, sans entraves, eussent prospéré; mais la valeur du système prohibitif, pour faire éclore une industrie dans un pays, n'en est pas moins démontrée par un semblable exemple.

L'intervention de l'État pour faire naître des industries et atteindre le point élevé que nous venons d'assigner comme but, a été celui qui a guidé le plus grand administrateur que la France ait possédé, Colbert. Il a poussé la nation au travail, moins par des droits de douane que par des encouragements directs trop oubliés et trop peu appréciés de nos jours.

Revenons maintenant à l'application à la France de ces théories.

Traitons en premier lieu des matières premières, non de celles qui ne se trouvent qu'en certains pays, et pour lesquelles la démonstration de Bastiat est irréfutable, mais des matières nécessaires à la subsistance, produit de la plus grande industrie de chaque pays, matières dont le bon marché importe surtout aux classes les moins riches de la nation; traitons de *la vie à bon marché*, question capitale pour la masse de la nation.

En effet le prix des salaires est fixé en raison du prix des marchandises créées, du prix trouvé, par exemple, pour l'exportation des produits fabriqués. Dans le cas général et en ne tenant pas compte des circonstances accidentelles, ces salaires procureront donc une quantité d'autant plus grande de subsistances, de blé, de viande, etc., que celles-ci seront à meilleur marché. Il paraît évident qu'il en sera ainsi si on les laisse entrer de tous les pays qui produisent au prix le plus bas. Mais si, comme le montre l'exemple de l'Angleterre, le bien-être et la prospérité des

classes industrielles peuvent résulter d'un semblable système, n'y a-t-il pas à craindre la misère et la détresse pour les classes agricoles? Ne peut-il y avoir là compensation d'un avantage apparent?

Étudions la question et plaçons-nous surtout au point de vue du journalier de l'agriculture, qui forme la fraction la plus nombreuse des travailleurs de la terre, celle, par suite, dont le bien-être et les progrès importent par-dessus tout.

Que lui faut-il? Travail croissant et bien rémunéré. C'est ce que ne produiront pas tous les droits protecteurs. Ainsi ce résultat ne sera pas obtenu par un impôt sur la viande, car son seul effet pourrait être de faire convertir des terres à blé en pâturages, et alors un pâtre suffirait pour une étendue de terrain qui fournissait du travail à cinquante cultivateurs. Quarante-neuf journaliers, auparavant occupés, n'auront d'autre ressource que l'émigration. Il pourrait parfaitement être utile à l'ouvrier en même temps qu'au travailleur agricole, que l'élève du bétail développée sur les montagnes de la Suisse, en Allemagne, vînt prendre une part de l'approvisionnement du pays et seconder une plus grande consommation. Le même effet résultera de droits qui augmenteraient le prix du bois et par suite empêcheraient de défricher des étendues de terrain qu'autrement la charrue eût parcourues.

Tous les droits prohibitifs ne sont donc pas favorables au travail, mais il paraît incontestable qu'un droit sur les céréales doit produire cet effet. En empêchant le blé étranger d'entrer, il forcera bien à cultiver une étendue de terre suffisante pour la nourriture de la nation et agira, comme nous l'avons dit, pour contraindre à la pratique de l'agriculture. Mais ce point est généralement atteint par les nations les moins riches, où chaque contrée suffit à la consommation locale, et surtout à la subsistance des classes agricoles, car la nourriture ne peut venir au paysan que de son travail, la faim agissant avec bien plus d'efficacité que tous les droits de douane, si la terre est à sa disposition pour utiliser ses efforts, ce que réalise surtout la division de la propriété. Ce premier degré de prospérité ne peut être dépassé que par l'exportation ou l'accroissement de consommation intérieure, de population.

La première solution est celle du libre-échange. La possibilité d'exporter des céréales fera mettre en culture productive toutes les terres convenables, pourvu que les populations auxquelles ces céréales sont destinées puissent les payer avec le fruit de leur travail. La liberté sera donc, dans une contrée bien cultivée, favorable au développement des travaux agricoles, aux intérêts du journalier. Dans les pays qui recevront ces céréales, il pourra y avoir perte pour le propriétaire, dont le monopole sera ébranlé et qui verra baisser la rente de sa terre; mais, comme pour

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

l'impôt foncier, l'excédent de rente qu'il aura pu obtenir antérieurement par la prohibition du blé étranger, comme sa diminution par la liberté, équivaudra une fois pour toutes à un changement du prix du sol. Disons de suite que ce système ne peut causer aucun dommage à la majeure partie de la France, où les céréales se produisent à bon marché dans une rotation de cultures bien comprise et où jamais les droits de douane n'ont fait vendre le blé à un prix démesurément plus élevé qu'en pays étranger. Le sol ne cesserait pas d'être cultivé, quand la rente du sol deviendrait nulle, et ce ne peut être le prix du travail du paysan qui rendra le blé français plus cher que celui de la Russie et de l'Amérique; le paysan se chargerait volontiers de toutes les terres qu'on voudrait abandonner sous prétexte qu'elles ne produiraient pas de produit net, bien certain d'en retirer une riche rémunération de son travail. En réalité, le voisinage des centres de consommation, les travaux accumulés sur le sol, les desséchements, les irrigations qui assurent des rendements élevés, permettront toujours d'obtenir une rente de la terre dans les pays riches. Elle n'est pas une chose que l'État ait à garantir, auquel elle doive sacrifier le bien-être de la nation, le bas prix des salaires.

La seconde solution consiste à faire naître l'accroissement du débouché de l'agriculture, de l'accroissement de la production intérieure, du développement des manufactures que la cherté de certains produits force à créer en supposant que ce développement résulte de la protection qui facilite les profits des manufacturiers. Il est clair que ce système ne peut conduire qu'à une prospérité restreinte, car alors l'industrie ne peut se développer beaucoup, les fabriques rencontrent un obstacle à leurs progrès ultérieurs dès qu'elles ont atteint quelque importance, dans les difficultés que rencontre l'exportation dans des contrées d'où l'on s'efforce de ne rien importer, dans le prix élevé des substances nécessaires à la vie, puisque l'élévation du taux des salaires qui en résulte nécessairement rend l'exportation difficile.

Concluons donc encore à la liberté du commerce pour les produits de l'agriculture, à la vie à bon marché, but et moyen de toute grande et vraie prospérité. Sans doute les fermages peuvent alors diminuer par la concurrence de l'étranger, comme il est arrivé par l'ouverture de quelques lignes de chemin de fer, qui ont amoindri des monopoles de distance, mais tout le mal se réduit à cet effet momentanément fâcheux pour le propriétaire actuel, et, sans aucun doute, cette réduction de rente peu considérable sera bientôt facilement compensée par les progrès de la science, l'amélioration des cultures, l'emploi des irrigations, du drainage, comme on l'a vu en Angleterre. Au reste nous devons avoir confiance dans la valeur, en fait de production agricole, de notre pays dont les parties les mieux cultivées

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

donnent déjà lieu à des exportations considérables. Cela ne veut pas dire toutefois que l'intérêt des 23 millions d'agriculteurs de France n'exige pas que les droits qu'on leur fait payer, sous forme d'impôts, ne soient pas imposés aux blés étrangers; ceux-ci ne doivent pas jouir d'un privilège. C'est la question des droits compensateurs qui doivent être payés par l'étranger comme par le producteur français, puisqu'ils font partie de son prix de revient.

Après avoir traité des matières premières et surtout de celles nécessaires à la vie matérielle, occupons-nous des produits manufacturés. Il nous semble évident, que l'on se place au point de vue de l'état de l'industrie ou à celui de l'habileté, de l'éducation industrielle d'une nation, que dans ces dernières années le jour était arrivé où la France était en mesure de faire un pas vers l'organisation de l'avenir, dans la voie de la division rationnelle du travail entre les nations, et que les deux principaux arguments des partisans du système protecteur ne s'appliquaient plus à notre pays.

Ce n'est pas lorsqu'une nation est arrivée à exporter des marchandises pour des sommes considérables, qu'il peut être raisonnable de craindre qu'elle cesse d'avoir des produits pour opérer des échanges, que son travail s'arrête devant la concurrence de ses voisins, soit plus riches peut-être, mais fabriquant par les mêmes procédés qu'elle, et avec lesquels elle soutient la lutte sur les marchés étrangers; soit plus pauvres, chez lesquels le salaire est moindre, mais qui n'ont pas ses moyens de fabrication et qui ne pourront s'enrichir sans lui fournir d'importants débouchés et la faire profiter de toutes les utilités gratuites qu'ils possèdent.

Aujourd'hui, et tous les fabricants éclairés le savent bien, la science industrielle est assez avancée pour qu'en Angleterre, en France, en Allemagne, aux États-Unis, les établissements ayant pour objet la même production, se trouvent rapidement au même niveau et ne diffèrent pas plus que les établissements voisins d'un même pays, c'est-à-dire par quelques avantages de position locale et de supériorité chez le chef de la manufacture.

C'est donc avec grande raison, comme le succès l'a prouvé, que l'on est entré dans une voie libérale. Nous étions arrivés, le jour où les grandes lignes de chemins de fer ont été terminées, au moment désigné par les fondateurs du système protecteur en France, car la plupart, M. de Saint-Cricq, par exemple, ne considéraient pas la protection comme devant être éternelle; en présentant le projet de douanes, en 1829, il déclarait nettement qu'il fallait *tendre vers la liberté commerciale*.

C'est une erreur de croire que l'envahissement apparent d'une nation par les spéculateurs d'une nation voisine, qui viennent exploiter les mines, construire les chemins de fer, etc., de la première, lui envoient des marchandises de toute sorte, ait pour résultat nécessaire une espèce d'expropriation de celle-ci au profit de la seconde. Quelque chose de cet effet se produit en apparence au premier moment, et s'il s'agit d'une nation sans aucune énergie pour le travail, peut durer. Mais pour une nation laborieuse, il n'en est pas de même, elle s'enrichit avec l'aide des capitaux apportés du dehors, par suite de l'amélioration de ses moyens de production, et bientôt rachète de l'étranger, qui en apprécie mal l'avenir, les titres créés pour solder les dépenses.

La division naturelle du travail entre les diverses nations repose sur les qualités des races; la ténacité, le goût des arts, le savoir, le climat, etc., ces éléments assurent chez chaque nation la prospérité d'industries différentes. Ainsi la production du vin, de la soie dans le Midi de la France fera toujours la richesse de ces contrées. La Normandie et la Flandre, avec leurs populations laborieuses, seront toujours le siège de manufactures prospères, Paris sera toujours en tête des industries artistiques.

Il faut faire du reste une distinction, souvent négligée entre les divers travaux de l'industrie et qui répond à ce qu'il y avait de fondé dans la doctrine des physiocrates, qui étaient certes des esprits d'un ordre élevé, distinction qui est populaire en Amérique.

Le premier des besoins de l'homme est de vivre, la première des industries qu'il exercera, et dont le principal instrument est la terre sur laquelle il vit, est l'agriculture. Donc et avant tout, indépendamment de tout échange qui suppose qu'on a produit déjà quelque chose, qu'il y a un capital accumulé, la terre sera cultivée, et dans un grand pays produira des milliards de valeurs souvent spéciales au climat, le vin, par exemple, dans notre pays.

Or, il est bien évident que les industries qui se proposent la mise en œuvre des produits du sol devront, malgré tout, prospérer dans un pays, si tous les moyens sont mis en œuvre pour rendre la plus grande possible la production végétale, la première base de toutes les créations. Une fois créés, ces produits, surtout avec les progrès et la vulgarisation des sciences industrielles, n'iront pas chercher longtemps leur transformation à l'étranger.

Ainsi la filature du lin créée en Angleterre a fait une rude concurrence aux ouvrières des Flandres, mais aujourd'hui cette contrée possède des filatures mécaniques qui convertissent en toile le lin produit par la culture du sol.

C'est donc surtout l'agriculture d'un pays qu'il importe de ne pas laisser dépérir, qu'il faut mettre dans la voie de développement en détruisant les institutions qui s'y opposent, comme la vaine pâture par exemple, quand elle empêche la culture de bonnes terres.

Creusons un peu cette idée pour voir ce qu'elle renferme de vérité.

Considérons d'abord une industrie qui exige une quantité de travail considérable pour amener un produit à sa forme définitive, produit dont la valeur sera par suite très grande relativement à celle de la matière première. Soit, par exemple, un fondeur en cuivre fondant des objets d'art; il est évident que le prix du cuivre sera petit par rapport à celui de la statue qu'il aura servi à fondre, et qu'il importe peu que les mines dont est sorti le cuivre soient situées dans le pays du fondeur ou dans une contrée plus ou moins éloignée.

Soit maintenant une industrie placée dans une position tout à fait inverse de la précédente, dans laquelle la transformation industrielle n'augmente que peu le prix de la matière première. Si cette augmentation est tout à fait minime, il est tout naturel que l'industrie s'exerce au lieu de production de la matière première, sans grever celle-ci de frais de transport dispendieux. C'est ce qui explique la multiplicité des tanneries près des grandes villes, des moulins à blé dans les contrées produisant beaucoup de céréales, des hauts fourneaux près des mines de houille, etc.

Une grande exportation de produits au delà de ceux provenant du sol, est fort difficile, comme une grande importation en deçà, pour les pays étrangers, les produits agricoles étant toujours créés en quelque sorte forcément, par la vie seule du paysan, se multipliant toutefois beaucoup par les progrès de l'agriculture et l'emploi des capitaux.

Toutes les industries sont placées entre ces deux termes extrêmes et on peut dire que, sinon pour les industries raffinées pour lesquelles quelques dépenses accessoires sont de peu d'importance, les industries ont en général avantage à s'exercer là où le sol produit les matières premières sur lesquelles elles s'exercent, que c'est là une position privilégiée par rapport à toute autre.

Or il est bien remarquable que les progrès de l'industrie, en diminuant chaque jour les frais de fabrication, en automatisant celle-ci, tendent à ramener à cette classe, des industries qui en étaient bien éloignées. Ainsi l'industrie du coton créée par tant d'efforts en Angleterre, tend à passer en Amérique pour les gros numéros de fils, depuis que le métier self-acting a rendu presqu'entièrement automatique cette fabrication.

Pour la France, tant pour l'agriculture que pour l'industrie, il n'est pas bien certain qu'une intervention de l'État pour activer les progrès soit encore en quelque chose désirable, et évidemment il était temps de modifier la forme surannée des prohibitions multiples, exagérées, aliénant les sympathies des nations étrangères dont les produits pouvant alimenter des échanges étaient systématiquement repoussés, ce qui rendait le plus souvent impossible la vente d'un produit, sous prétexte d'en protéger un autre, qui était la base de la création du premier.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

La protection n'est pas d'ailleurs, comme bien des gens se l'imaginent, le seul procédé à l'aide duquel une administration intelligente puisse élever le niveau de l'industrie dans un pays; la voie d'encouragement direct convient mieux à une nation avancée.

Rappelons, comme exemple de ce genre d'encouragement, que Colbert avança 2,000 francs aux manufactures de draps et de soieries, par chaque métier; de cette époque date le beau développement de ces industries. Rappelons surtout les encouragements du gouvernement anglais aux grandes lignes de navigation à vapeur, dont nous avons déjà parlé.

Ce système peut difficilement être appliqué aussi puissamment que la protection des douanes; mais s'il donne de moindres résultats pour faire naître une industrie presque impossible dans un pays, il évite les pertes qui surviendront le jour où la force des choses établira la division logique du travail entre les nations.

Il faut que, par la vulgarisation de l'enseignement des sciences et des arts, par une amélioration dans nos mœurs qui donne plus de stabilité à nos établissements industriels, enfin par des encouragements directs, les industries retardataires soient sollicitées à accomplir les progrès qui les mettent au niveau des industries étrangères. Le travail d'un ingénieur, un concours, une récompense attirant l'attention publique, agissent souvent aussi efficacement que la protection douanière, conduisent quelquefois plus rapidement à un heureux résultat. Ce qu'il faut surtout, c'est amoindrir les péages des voies de communication. On a déjà fait de grandes choses pour les voies terrestres, pour les chemins de fer, et on pourrait faire bien plus encore (Voy. Houille). Ce n'est même que depuis qu'ils sont terminés que l'on a pu parler des réformes de douanes, car ils empêchent l'étranger d'avoir, sur une grande étendue de nos côtes, un véritable monopole de voisinage.

Au milieu d'un admirable développement industriel comme celui de notre pays, obtenu par les efforts soutenus d'une génération aussi intelligente que laborieuse, avec le goût si pur qui fait distinguer nos produits sur les marchés du monde entier, nous pouvions sans danger réduire l'action gouvernementale à une légère protection qui assure la préférence, pour la fourniture du marché intérieur, à nos compatriotes arrivés à la même habileté que les étrangers, faciliter la transition à un régime de pleine liberté en tenant compte des charges qui incombent à nos producteurs, en repoussant par des droits doubles ou triples les produits similaires aux nôtres, des nations qui repoussent nos importation, par des droits prohibitifs; enfin, à des encouragements destinés à naturaliser en France quelques industries nouvelles, à seconder l'essor de l'énergie nationale, pour effectuer de nouveaux progrès, pour dis-

puter partout et dans toutes les directions la supériorité aux autres nations.

Les résultats obtenus par la liberté commerciale, l'accroissement considérable des exportations, ont démontré victorieusement ses avantages.

De ceci nous conclurons :

1° Qu'on doit encourager l'industrie agricole, l'exploitation des mines, en faisant naître et croître la production par de grands travaux publics, des canaux d'irrigation et des transports à bas prix.

2° Qu'on ne doit pas du tout protéger des industries simples qui travaillent des produits étrangers à notre sol, ni charger de droits les matières premières.

3° Qu'on doit modérément protéger par des droits compensant les impôts qu'elles payent, des iudustries modérément complexes, lorsque le progrès amènera la supériorité écrasante d'un pays industrieux qui les produit.

4° Que les industries les plus raffinées, celles fondées sur les inventions nouvelles, et celles qui ont quelque cachet artistique surtout, sont les plus précieuses pour notre pays qui y a de grands succès, vu que ce sont celles qui ne sont pas attaquées en principe par un élément physique et que peuvent le mieux défendre l'intelligence et les talents acquis de populations bien douées. Ce sont celles-là qu'il faut encourager par des musées, des cours, des prix, des concours publics, etc.; un droit de propriété artistique et industrielle bien établi.

Les questions que nous venons de traiter sont tout particulièrement du ressort de la politique, puisqu'il s'agit spécialement des actes du pouvoir social ou des délégations de ce pouvoir. Mais, à proprement parler, tout ce qui touche l'organisation industrielle, c'est-à-dire les conditions du travail dans une société laborieuse, appartient nécessairement à la politique, qui s'efface alors devant les questions de travail, et nous l'avons maintes fois rencontrée, pour ainsi dire malgré nous, en traitant des questions industrielles.

Il ne faudrait pas en conclure que l'économie du travail est toute la politique; elle en est une partie essentielle, mais elle est loin d'être la seule; l'industrie est plus souvent victime que dominatrice dans les grands cataclysmes, qui se rencontrent trop fréquemment dans la vie des nations. Son rôle grandit sans cesse avec le développement incessant du travail producteur, mais si nous avons dû tout naturellement, dans cet ouvrage, en exalter l'importance, nous devons prémunir le lecteur contre des conséquences exagérées, car c'est une des erreurs les plus répandues parmi les travailleurs et les plus communes à notre époque, qu'il n'y a rien autre à faire que de leur donner satisfaction. Ils n'ont pas de droit particulier supérieur à ceux des autres citoyens. Les intérêts matériels occupent certes une grande place dans la vie des nations comme dans celle des individus; mais ils n'existent pas seuls, les éléments moraux doivent en occuper une plus grande encore dans une société chrétienne, arrivée à un haut degré de civilisation.

L'avenir pourra bien nous amener à une société où, comme aux États-Unis d'Amérique, la production et le travail seront les seules questions vitales. Ce n'est pas à nous à repousser cet avenir. Nous dirons seulement que nous ne devons pas cesser d'être une nation, digne héritière de la vieille France, pour devenir une multitude agitée exclusivement par la passion du gain.

Nous arrêterons ici des considérations que nous ne pourrions développer davantage, sans nous écarter beaucoup de la technologie, objet principal de cet ouvrage; le terminant par la remarque que l'économie industrielle fait reposer les solutions de toutes les questions qu'elle soulève sur le droit, la justice et surtout sur le droit de propriété de chacun au fruit de ses efforts. Les intérêts de l'homme en société doivent reposer sur le juste, comme les efforts de l'homme isolé sont guidés par le vrai réuni dans les Sciences et le beau manifesté par les Beaux-Arts. Telles sont les bases du développement d'une nation industrielle, riche et prospère par le travail et digne de servir de modèle aux autres nations. Espérons que nous verrons (et puissions-nous y avoir contribué pour notre petite part) la France s'enrichissant ainsi sans cesse, grâce au travail producteur. Il suffit pour cela que l'ordre et la sécurité de la propriété soient assurés, et que le bon sens Gaulois ne cesse jamais de faire bonne justice des sophismes dont Aristophane se moquait déjà et qui ne disparaîtront jamais, car les ignorants et les envieux, les déclassés seront toujours en grand nombre, et trouveront toujours, surtout dans les démocraties, des ambitieux pour les enrégimenter.

CH. LABOULAYE.

TABLE DES MATIÈRES

DE L'ÉCONOMIE INDUSTRIELLE

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

Principes fondamentaux.

De l'économie politique. — De la méthode à suivre pour son étude..... 1
De la richesse. — Divisions de la science..... 3

Production de la richesse.

I. Du travail. — Économie, — Division, — Liberté du travail..... 4
II. Du capital qui concourt avec le travail à la production. — Des machines..... 8
III. Des éléments moraux de la production..... 10
IV. De l'échange. — De la valeur. — De son évaluation en travail..... 11
De la monnaie..... 12
Des variations des prix..... 13
V. Effets d'une grande puissance productrice..... 14

Distribution de la richesse.

De la propriété des fruits du travail..... 15
I. Rémunération du travail. — Ouvriers. — Entrepreneurs. — Inventeurs. — Savants..... 16
II. Rémunération du capital..... 20
III. De la rente. — Loi des profits. — Éléments qui limitent la concurrence..... 21

Consommation de la richesse.

De l'épargne. — Du luxe. — De la population..... 27

ÉCONOMIE DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE.

I. — De l'agriculture en France..... 30

II. — Des arts et manufactures en France..... 31

Industries donnant lieu à des exportations :
Tissus. — Machines. — Produits chimiques..... 32
Articles de goût..... 33
Industries donnant lieu à des importations considérables. — Industries locales..... 34

III. — L'agriculture en Angleterre et en Allemagne..... 36

IV. — Organisation de l'industrie française..... 38

1. Des utopies modernes : Saint-Simonisme, Communisme, Coopération..... 39
2. De l'ordre dans l'industrie. — Grèves et Coalitions..... 41
Justice et nécessité de l'interdiction des caisses de résistance..... 44
3. Des grandes manufactures. — Fondations réalisées par la plupart d'entre elles : Caisses de secours, de retraite, magasins à prix réduit, maisons ouvrières..... 46

13 7 4

4. Des anciennes corporations. — Édits de Turgot, de Calonne. — Conséquences de la suppression des corporations..... 47
5. Des Chambres syndicales. — Elles peuvent généraliser les utiles fondations de la grande industrie et désigner les ouvriers de première classe..... 53
6. De la hiérarchie nécessaire. — De la loi de succession en France, d'après le Code civil. ... 58

V. — **De l'abondance du travail**..... 60

VI. — **Limitations de la concurrence dans l'industrie française**..... 65

DROITS PERSONNELS.

1. Restrictions apportées à l'exercice d'une industrie. — Imprimerie. — Librairie. — Concurrence de l'État..... 67
2. Brevets d'invention..... 70
De l'invention. — Du droit de l'inventeur..... 71
De la durée des brevets..... 82
Garantie de la propriété industrielle. — Des tribunaux propres à juger les procès en contrefaçon. 86
De la conciliation dans les procès relatifs aux brevets d'invention..... 89
Publication immédiate des spécifications. — Rémunération des savants..... 92
3. Vulgarisation de l'enseignement pour faciliter l'accession aux monopoles personnels..... 96
Self-culture. — Enseignement professionnel..... 99

DROITS DE PROPRIÉTÉ.

1. Du crédit. — Capitaux circulants..... 102
Unions de crédit. — Crédit sur nantissement..... 107
Sociétés par actions. — Caisses d'épargne. — Caisses de retraites, de secours mutuels..... 109
2. Division de la propriété industrielle..... 110
Des monopoles naturels. — Encouragements aux petites fabrications..... 111

MONOPOLES LÉGAUX.

1. Monopole des postes..... 114
2. Transports. — Chemins de fer..... 115
3. Des douanes, du libre échange et de la protection..... 120

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES DE L'ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F. IMPRIMÉS

Paris. — Imprimerie E. CAPIOMONT et V. RENAULT, rue des Poitevins, 6.

BIBLIOTHEQUE NATIONALE DE FRANCE
3 7531 00208658 6