

compose de deux vases A et B (fig. 11, pl. 57), de même hauteur et de même diamètre, communiquant par leur partie inférieure, et renfermant de l'eau jusqu'à une certaine hauteur. L'un d'eux est fermé, l'autre ouvert, et ce dernier contient un flotteur lié par une corde et une poulie au registre de la cheminée. Quand la température extérieure augmente, la tension du gaz dans le vase fermé augmente et par l'accroissement de température de l'air et par l'accroissement de force élastique de la vapeur; alors le niveau du liquide s'abaisse dans ce vase, s'élève dans l'autre, et les vases peuvent avoir des dimensions telles qu'à une température assignée, le mouvement imprimé au registre le ferme complètement. On pourrait augmenter le mouvement en donnant au vase A un plus grand diamètre qu'au vase B, ou en augmentant par un levier le chemin parcouru par le flotteur. Mais pour que l'appareil prenne plus rapidement la température du milieu environnant, il vaut mieux employer la disposition représentée par la figure 12 (pl. 57). Le vase fermé est composé d'un faisceau de tubes parallèles et d'un tube latéral qui indique la hauteur du niveau. Le calcul du mouvement du flotteur est d'ailleurs très-simple. Supposons que le vase fermé soit composé de 12 tubes de 5 centimètres de diamètre et de 60 centimètres de hauteur, et que le tube B ait une section équivalente à la somme des sections des tubes, son diamètre sera de 17 centimètres; supposons que *ab* soit la ligne de niveau dans les deux vases à 20°, l'orifice du vase A étant ouvert, et que l'on veuille que le registre, qui a 0^m,30 de hauteur, soit complètement fermé quand la température du séchoir atteindra 50°. Admettons que la hauteur des tubes au-dessus du niveau *ab* soit de 0^m,35, et que le vase supérieur ait la même capacité que les tubes s'ils avaient 1 mètre de hauteur; il s'ensuit qu'on peut faire abstraction du vase en supposant aux tubes une hauteur de 1^m,35 au-dessus du niveau *ab*. Remarquons maintenant qu'à 20° la tension de la vapeur est de 0^m,017, et celle de l'air de 0^m,76 — 0^m,017 = 0^m,743, ou de 10^m,10 en eau; et comme à 50° la tension de la vapeur est de 0^m,088, l'accroissement de tension de la vapeur sera de 0^m,088 — 0^m,017 = 0^m,071, ou en eau de 0^m,96; alors en désignant par *x* l'abaissement du niveau dans les tubes, ou l'élévation du niveau dans le vase B à la température de 30°, la force élastique du mélange sera 10^m,33 + 2*x*, et on aura

$$10^m,33 + 2x = 0,96 + 10,1 \frac{1,35}{1,35 + x} (1 + 0,00365 \times 30).$$



équation dont la racine positive est 0,23. Ainsi il suffira que les deux bras de levier qui font mouvoir le flotteur soient dans le rapport de 30 à 23.

1312. *Séchage du bois par l'air chaud.* Dans certains établissements, tels que les verreries, le séchage du bois est indispensable pour obtenir dans le fourneau la température convenable. Dans tous ceux où l'on emploie le bois ou la tourbe, il est important de sécher ces combustibles, quand la chaleur employée à cet effet provient uniquement de la chaleur perdue, parce que la combustion de ces matières est plus parfaite quand elles sont sèches que quand elles sont humides, qu'il y a moins d'air inutile employé, et qu'enfin on ne perd pas la chaleur absorbée par la vaporisation de l'eau hygrométrique qu'elles contiennent.

Dans toutes les usines la chaleur perdue par les cheminées est toujours bien plus que suffisante pour dessécher le combustible que l'on emploie.

1313. Les figures 4, 5, 6 et 7 représentent une disposition qu'on pourrait facilement employer dans les usines qui renferment un moteur. L'air chaud est pris dans la cheminée au moyen d'un ventilateur, et jeté dans une ou plusieurs chambres en briques qui contiennent le bois ou la tourbe rangés sur des chariots en fer dont les roues glissent sur de petits chemins de fer, et d'où l'air sort par une cheminée. La figure 4 est une coupe verticale suivant la ligne EF (fig. 5); la figure 6 est une élévation de l'appareil; la figure 5 une coupe horizontale suivant CD (fig. 4); et la figure 7 une coupe suivant AB (fig. 4). Le tuyau d'appel du ventilateur est garni d'un tuyau de prise d'air froid, afin de ne pas porter sur le bois de l'air à une trop haute température.

1314. Les figures 8 et 9 représentent deux autres dispositions qui n'exigent pas l'emploi d'une force motrice. Dans la première, les chambres sont placées sur des plaques de fonte ou de tôle épaisse qui recouvrent la partie du canal à fumée comprise entre les fourneaux et la cheminée; l'air extérieur entre dans les chambres au-dessous des portes, s'échauffe contre les plaques, traverse le combustible et s'échappe par la cheminée. Dans la seconde, les chambres sont adossées au conduit horizontal de la fumée, auquel on donne, en face des chambres, une plus grande hauteur; ce canal est traversé par un grand nombre de tuyaux de fonte ou de tôle qui prennent l'air extérieur à une extrémité, l'échauffent et le versent par l'autre dans les chambres, d'où il s'échappe par les cheminées après

avoir traversé le combustible. Ces dernières dispositions exigent nécessairement qu'il y ait un certain intervalle entre les fourneaux et la cheminée; cependant, pour la dernière, les tuyaux de chauffe pourraient être placés dans la cheminée elle-même.

Dans chaque cas particulier on pourra calculer la quantité de chaleur nécessaire pour sécher le combustible employé chaque jour; mais la durée de l'opération dépendant beaucoup moins de la quantité d'eau contenue dans le bois que de la grosseur des morceaux, la capacité des chambres et leur nombre ne pourront être déterminés que par l'expérience.

1315. Au premier abord, la disposition qui paraît la plus simple consiste à faire passer toute la fumée des fourneaux à travers le combustible, en plaçant les chambres dans le trajet de la fumée; mais, en général, la chaleur perdue excédant de beaucoup celle qui est nécessaire à la dessiccation, il est inutile de faire passer toute la fumée sur le combustible; en outre, on diminuerait trop le tirage par les circuits que la fumée serait obligée de faire; le tirage serait interrompu quand on chargerait ou qu'on déchargerait les chambres; et enfin on courrait le risque d'enflammer le combustible à cause de la haute température que possède la fumée au sortir des fourneaux, et de la grande proportion d'oxygène libre qu'elle contient encore. On pourrait cependant ne faire passer qu'une partie de l'air brûlé à travers le bois, en le mêlant avec une suffisante quantité d'air, pour que la température ne dépassât pas une certaine limite; mais cette disposition serait assez compliquée et diminuerait beaucoup le tirage de la cheminée, à cause du grand volume d'air extérieur qui serait appelé.

§ 3. — SÉCHAGE DES ÉTOFFES PAR RAYONNEMENT.

1316. Dans les fabriques de toiles peintes on se sert de la chaleur rayonnante pour sécher les étoffes après certaines opérations, principalement après le placage, parce que le séchage doit être prompt, et que les frottements qui se produisent dans les séchoirs ordinaires nuiraient à la netteté des réserves. On emploie pour cela différentes dispositions. Ordinaire-

ment les étoffes sont tendues à la partie supérieure d'une caisse en bois ayant la longueur de la pièce, et l'on fait mouvoir au-dessous, sur un chemin de fer, un chariot qui porte un brasier (fig. 1^{re}, pl. 61). On emploie aussi la disposition représentée par les figures 2 et 3. Au-dessus du foyer A, est un canal vertical court B, qui conduit la fumée dans deux tuyaux de tôle parallèles C, D, un peu inclinés à l'horizon, se réunissant ensuite en un seul E qui s'élève verticalement et sort de l'atelier. Les deux tuyaux sont placés entre deux cloisons en planches, et au-dessus on fait passer les étoffes d'une manière continue. A la manufacture de Jouy, un appareil semblable, dans lequel les tuyaux ont 33 mètres de longueur et 0^m,33 de diamètre, consomme en 24 heures 2 stères de bois de hêtre, pour sécher 300 pièces de calicot plaqué.

§ 4. — SÉCHAGE DES CORPS PAR LEUR APPLICATION CONTRE DES SURFACES MÉTALLIQUES CHAUFFÉES.

1317. Le séchage des étoffes se fait aussi, en mettant les étoffes humides en contact immédiat avec des surfaces métalliques chauffées par la vapeur. D'après une expérience citée par Clément, une pièce de calicot, pesant 2^k,50 qui renfermait un égal poids d'eau, et dont les dimensions étaient 24 mètres de longueur sur 0^m,90 de largeur, étendue sur une lame de cuivre de même surface, en contact avec de la vapeur à 100°, a été séchée en 1 minute. La quantité d'eau évaporée par heure a donc été de $2,50 \times 60 = 150^k$, pour une surface de $24^m \times 0,90 = 21^m,60$. Ainsi la quantité d'eau évaporée par heure et par mètre carré a été de $150 : 21,60 = 6^k,94$.

1318. Ce mode d'opération n'est point en usage. On emploie ordinairement des cylindres mobiles dans lesquels on fait arriver la vapeur et sur lesquels on fait circuler les étoffes.

Les figures 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 8 et 11 (pl. 62) représentent un appareil de ce genre construit par M. Moulfarine. Cette machine est composée d'un bâtis en fonte sur lequel sont ajustés horizontalement, l'un sur l'autre, deux rangées de cylindres creux en cuivre rouge, d'égal diamètre, dans chacun desquels la vapeur, arrivant de la chaudière par un tube, est admise par l'un des fonds de chaque cylindre. L'étoffe que l'on veut faire



sécher passe successivement entre ces cylindres, en embrassant la surface inférieure de ceux qui forment la rangée du dessous et la surface supérieure des cylindres du dessus; elle va ensuite s'envelopper autour d'un rouleau placé sur le premier des cylindres supérieurs, qui tourne par le simple frottement qu'il éprouve contre ce cylindre.

Figure 1^{re}, élévation d'une portion de la machine vue extérieurement du côté de l'engrenage. Figure 2, coupe verticale perpendiculaire aux axes des cylindres. *a*, bâtis en fonte façonné en arcades; les chapiteaux des six colonnes *b*, qui lui servent de pieds, portent un châssis formé des quatre côtés *c, c*, et *c', c'*, dans lequel sont ajustés, et tournent, les tourillons des six cylindres creux *d*, en cuivre rouge, qui forment la rangée inférieure; les deux grands côtés *c, c* du châssis sont creux dans toute leur longueur, et les deux autres côtés *c', c'*, sont pleins. Des boulons d'assemblage, nombreux et convenablement disposés, servent à donner plus de solidité au bâtis.

Les deux extrémités des cylindres inférieurs *d* sont représentées en coupe verticale par le centre de l'axe dans la figure 4; l'extrémité de droite est celle par laquelle la vapeur, arrivant de la chaudière, est admise dans l'intérieur du cylindre. La figure 5 représente, en coupe et sur une plus grande échelle, la boîte dans laquelle tourne le tourillon de ce cylindre.

g, douille portant une embase *h*, qui s'ajuste sur le fond de chacun des cylindres *d*; elle est percée, au milieu, d'un canal *i* dont le centre est dans la ligne de l'axe du cylindre, et qui est destiné à recevoir la vapeur. Cette douille est logée et tourne librement, mais à frottement, dans une boîte circulaire faisant corps avec le côté *c* du châssis rectangulaire, et dont la partie annulaire et évidée *l* est remplie d'étaupe qui se trouve fortement refoulée par un anneau *o* (fig. 5 et 6), qui est enfilé sur le bout de la douille *g*. Cet anneau, dont le diamètre extérieur est parfaitement égal au diamètre intérieur de la boîte *k*, est réuni, par trois fuseaux *m*, avec une bague cylindrique *n*, ayant aussi un diamètre égal à celui de l'intérieur de la boîte *k*. Cet assemblage forme une lanterne qui permet à la vapeur, dont le côté *c* du châssis est rempli, de passer entre les fuseaux *m* pour se rendre dans le cylindre par le canal *i* de la douille *g*. La bague *n* de la lanterne est retenue en place au moyen d'une plaque ronde *p*, fixée extérieurement par quatre vis sur le côté *c* du châssis,



comme on le voit figure 1^{re}. Cette disposition permet de comprimer l'étope placée en *l*, autour de la douille *g*, de manière à empêcher la vapeur, qui arrive de la chaudière par le tube *f*, dans le côté *c* du châssis, de sortir par les joints d'assemblage des tourillons *g*, des cylindres *d*, avec leurs boîtes *k*.

q, sept cylindres en cuivre rouge, formant la rangée supérieure; ils sont absolument semblables aux cylindres *d*; leurs tourillons sont reçus et tournent dans les têtes des poupées *r* et *r'* (fig. 1, 2 et 3), fixées, chacune, par deux boulons sur les côtés *c* du châssis formant le dessus du bâtis. Les poupées *r* et *r'* sont percées au centre, et jusqu'à leur tête, d'un canal communiquant avec l'intérieur des tuyaux *c*, et la tête de chacune des sept poupées *r*, par laquelle doit passer la vapeur qui vient du côté *c* du bâtis pour pénétrer dans le cylindre, est formée d'une boîte à étoupe recevant le tourillon du cylindre, et le tout est disposé exactement de la même manière que dans les figures 4 et 5.

Le bout de chacun des cylindres *d* et *q*, opposé à celui qui reçoit la vapeur, est muni, intérieurement, d'un tube *t* (fig. 2) en forme d'S, tournant avec le cylindre dans lequel il est adapté, et ayant pour objet de ramasser, en tournant, l'eau formée dans le cylindre par la condensation de la vapeur, pour la reporter à la hauteur de l'axe du cylindre où elle est évacuée par un tuyau. A cet effet, le tourillon de ce bout du cylindre est, comme celui de l'autre bout, formé d'une douille qui reçoit, à son centre, l'eau que lui amène le tuyau *t*; et comme cette douille est reçue dans une boîte à étoupe disposée comme celle d'admission de la vapeur, l'eau qui arrive par le centre de la douille passe entre les fuseaux la lanterne qui comprime l'étope, et se rend, savoir : celle qui provient de la condensation dans les cylindres inférieurs *d*, directement dans le côté *c* du bâtis, qui est creux à cet effet; et celle résultant de la condensation opérée dans les cylindres *q* descend dans les poupées creuses *r'*, pour se rendre dans la même capacité *c*, d'où elles sont, l'une et l'autre, évacuées par le conduit sinueux *u* (fig. 2 et 4). Le fond de chacun des treize cylindres *d* et *q*, opposé à celui par lequel arrive la vapeur, est muni d'un reniflard *v* (fig. 2). Ce reniflard, que l'on voit représenté séparément en coupe et sur une plus grande échelle (fig. 7), est appliqué intérieurement contre le fond du cylindre, au moyen d'une vis; il est formé d'une plaque ronde de métal *x*, ayant trois petites oreilles,

comme l'indique la figure 8, qui représente cette plaque de face ; cette plaque est posée sur une ouverture y pratiquée dans un bouchon fixé sur l'épaisseur du fond du cylindre, et elle est maintenue appliquée sur le bord du trou y par la pression qu'exerce contre elle un ressort à boudin z , logé dans la tête du support coudé a' , dont la queue est vissée intérieurement contre le fond du cylindre.

Chacun des cylindres à vapeur d et q porte, sur le bout par lequel se fait l'entrée de la vapeur, un cercle denté b' (figure 1), muni de quatre petites pattes d' , que l'on fixe sur le bout du cylindre au moyen de quatre vis.

Les trois premiers cercles dentés, placés sur les trois premiers cylindres de droite, portent chacun 98 dents, et le nombre des dents de tous les autres cercles augmente successivement d'une unité, de manière à faire subir au tissu e' (fig. 2), que l'on fait sécher, une petite traction qui sert à le tendre convenablement, à mesure qu'il passe d'un cylindre sur l'autre, jusqu'à ce qu'il arrive au rouleau f' (fig. 1 et 2), sur lequel il s'enroule. Les tourillons de ce rouleau tournent librement dans deux fourchettes g' , ajustées sur les têtes des deux poupées r et r' , qui portent le premier des cylindres q ; ces tourillons montent dans les fentes des fourchettes, qui lui servent de guides, à mesure que sa surface se garnit d'étoffe; le rouleau reçoit son mouvement de rotation de celui des cylindres q sur lequel il repose, par le simple effet du frottement.

Chacun des cercles dentés b' de la rangée de cylindres supérieurs engrène avec deux cercles dentés de la rangée inférieure, à l'exception des deux extrêmes, qui n'engrènent qu'avec un seul. Par ce moyen, toutes les parties de l'engrenage concourent à attirer le tissu vers le rouleau f' , qui doit le recevoir sec et bien tendu.

h' (fig. 1^{re}), large poulie destinée à recevoir une courroie venant du moteur principal; elle porte à son centre un axe horizontal que l'on voit en plan (fig. 11) sous la lettre i' ; cet axe, qui est reçu près de la poulie h' dans un coussinet k' , avec chapeau, établi sur un support en forme de console l' (fig. 1 et 2), et dont l'extrémité opposée tourne dans la tête d'un support l'' (fig. 11), porte un pignon m' de 20 dents, qui engrène avec le premier des cercles dentés b' , et qui imprime de cette manière le mouvement à toutes les parties mobiles de la machine.

Les supports l' et l'' sont fixés solidement par des boulons sur le côté massif c' du bâtis. L'axe i' (fig. 11) porte un embrayage o' qui se manœuvre à la main au moyen du levier p' (fig. 1 et 11), et qui permet d'interrompre et de rétablir à volonté le mouvement des cylindres d et q , sans jamais être obligé d'arrêter celui de la poulie h' . n' , ressort ayant à sa partie supérieure deux encoches, l'une destinée à recevoir le levier p' , dans le cas de l'embrayage, et l'autre à maintenir ce même levier pendant les temps d'arrêt.

La pièce de tissu que l'on se propose de faire sécher est d'abord placée en travers sur le derrière de la machine, comme on le voit en e' (fig. 2); le bout de cette pièce est ensuite cousu à des rubans que l'on a eu soin d'engager entre les treize cylindres d, q , et d'amorcer sur le rouleau f' . Ces dispositions faites, l'ouvrier chargé de diriger le travail de la machine, se porte au levier p' , qu'il manœuvre de manière à mettre en communication les deux parties de l'embrayage o' ; l'engrenage se trouve alors en action, et fait tourner les treize cylindres d, q , qui, dans leurs révolutions, amènent successivement l'étoffe sur le rouleau f' .

Il faut avoir soin d'attacher à l'avance, à la fin de chaque pièce qui est soumise au séchage, le bout d'une nouvelle pièce que l'on se propose de faire sécher; l'opération se continue de cette manière et sans interruption jusqu'à ce que toutes les pièces à sécher soient épuisées. Ces machines reviennent à 7,000 francs.

1319. On emploie quelquefois des appareils beaucoup plus simples, et qui sont formés d'un seul tambour en cuivre d'une grande dimension. Tel est celui qui est indiqué dans les figures 9 et 10 (pl. 62). Les dispositions sont les mêmes que dans l'appareil précédent; mais le mouvement est donné au cylindre d'enroulement, et c'est l'adhérence de la toile avec la surface du tambour qui détermine sa rotation.

1320. Des machines analogues à celles que nous avons décrites d'abord, sont employées pour sécher les papiers continus. Les figures 12 et 13 (pl. 61) représentent un de ces appareils.

Cet appareil est placé immédiatement au-dessus de la machine à papier, et se lie avec elle au moyen d'une pièce de drap sans fin, qui vient prendre le papier à la sortie de la machine pour le monter à l'appareil à sécher. Un autre drap sans fin conduit le papier sur des cylindres chauffés à la vapeur.



o'o', rouleaux en bois qui soutiennent le drap conducteur du papier. *o''*, gros rouleau également en bois, porté par la tête de l'appareil à sécher, qui sert de renvoi au conducteur H,H. *o'''*, rouleau en bois servant à tendre par son propre poids le drap H,H, et pouvant prendre la position ponctuée qu'on voit dans la figure. Q, cinq cylindres en cuivre sur lesquels vient passer la feuille continue de papier que le drap sans fin K accompagne et tient appliquée contre, pendant tout le trajet. *s*, trois rouleaux en bois servant à conduire et à tendre le drap K en dessous de l'appareil. *s's'*, deux petits cylindres en cuivre servant à diriger le papier sur les cylindres Q et de renvoi au drap K. *s''s''*, deux autres petits cylindres en cuivre, qui ont pour objet de séparer le drap ou du moins de l'empêcher de se froisser à cet endroit. 4, rouleau en bois sur lequel le papier vient s'enrouler à mesure qu'il sort de l'appareil à sécher. 4', autre rouleau semblable qui remplace le premier quand celui-ci est chargé de papier au degré convenable. *q*, leviers tournant sur deux tourillons *x*, placés à leur centre et supportant par leurs extrémités les rouleaux 4 4'. *q'*, détente servant à retenir le levier *q* dans une position horizontale, pendant que l'enroulement du papier a lieu. 1, poulie recevant le mouvement du moteur. Ce mouvement doit être calculé de manière que l'appareil à sécher débite juste le papier que fournit la machine qui le fabrique. 2, poulie montée sur le même axe que la poulie 1, et qui donne le mouvement à la poulie 2', qui fait tourner le rouleau *o''* chargé de faire monter le drap H conduisant le papier. 1', poulie donnant le mouvement à la poulie 1'' qui fait tourner les rouleaux de décharge 4, 4' tour à tour. La poulie 1'' porte à l'extrémité de son axe une boîte coulante qui prend le carré en saillie de l'axe du rouleau 4, laquelle boîte est maintenue en place par un petit levier d'embrayage qu'on fait agir au moment du changement du rouleau plein pour le rouleau vide. La superposition du papier continu grossissant sans cesse le diamètre du rouleau, et le mouvement qui lui est donné par la poulie 1', étant invariable, il est nécessaire, pour ne pas rompre le papier, que la corde qui transmet le mouvement ne soit que légèrement tendue, pour qu'elle puisse glisser dans les gorges des poulies quand la tension du papier devient trop grande. 3, poulie donnant le mouvement, par le moyen d'une chaîne croisée, aux poulies 3', 3' qui font mouvoir dans un sens différent les petits cylindres *s's'*. 4'', roues d'engrenage qui font tourner



avec une vitesse égale les cinq cylindres chauffeurs dans le sens indiqué par des flèches.

5, Tuyau horizontal pour la distribution de la vapeur dans les cinq cylindres chauffeurs. Des tuyaux verticaux sont ajustés sur ce tuyau horizontal au moyen de brides, et vont porter la vapeur à chacun des cylindres à travers leurs axes percés, sur le bout desquels les tuyaux sont ajustés à genouillère. Le tuyau qui amène la vapeur de la chaudière est muni d'un robinet pour l'admission de la vapeur dans l'appareil. 6, tuyau pour l'extraction de l'eau condensée dans l'intérieur des cylindres. Ceux-ci portent, dans le sens de leur longueur, un siphon renversé qui a une pente vers l'orifice par où l'eau condensée s'échappe, et où elle est amenée par des conduits correspondants. 6', brides fermant le bout prolongé des axes percés des cylindres chauffeurs. Le centre de ces brides est garni d'une soupape à air qui s'ouvre en dedans pour l'admission de l'air atmosphérique, dans le cas où le vide viendrait à se faire dans l'intérieur des cylindres; les soupapes pour l'admission de l'air peuvent être fixées sur le fond même des cylindres. Il faut remarquer que tous ces tuyaux, tant pour l'admission de la vapeur que pour l'évacuation de l'eau condensée, sont fixes, et qu'ils se raccordent avec les axes percés des cylindres, au moyen de boîtes à étoupe en cuivre dont la forme est bien connue.

1321. Quant à l'effet utile des appareils dont il est question, on conçoit d'abord facilement que la quantité d'eau évaporée doit être beaucoup plus petite que la quantité de vapeur condensée, à cause de la chaleur rayonnée par les corps humides, de l'échauffement de l'air, et parce que la totalité de la surface des cylindres n'étant pas couverte d'étoffe humide, une partie se refroidit librement dans l'air. Voici les résultats de plusieurs expériences faites par M. Royer (Bulletin de la société de Mulhausen, 1839). 20 pièces de calicot, en sortant de la presse, pesaient 150 kilog.; la dessiccation a duré 3 h. $\frac{1}{2}$, elles pesaient alors 76 kilog.; la quantité d'eau évaporée a été par conséquent de 74 kilogr., et comme la quantité d'eau condensée a été de 102 kilogr., 1 kilogr. de houille a évaporé $5 \times \frac{74}{102} = 3^k63$. Des expériences faites sur 325 pièces ont donné pour l'effet utile de 1 kilog. de houille $3^k,65$. La machine était à un seul cylindre, et l'eau de condensation était bouillante; la pression de la vapeur dans la chaudière était de 1^m,37. D'autres expériences faites

avec une machine à 6 cylindres ont donné seulement 2^e,45 pour l'effet utile; mais ces dernières expériences ont eu lieu en hiver, dans une salle mal fermée et à une température voisine de 0°.

1322. Les conclusions d'un mémoire de M. Penot, appuyées par les expériences de M. Royer et par celles de M. Léon Schwartz, sont : 1° que le mode de séchage des toiles le plus économique est celui qui consiste à les appliquer sur des cylindres chauffés à la vapeur; 2° que quand les séchoirs, disposés comme ils le sont en Alsace, ferment bien et qu'on peut élever la température de 45 à 50°, il y a de l'économie à n'ouvrir les soupiraux que quand les toiles sont sèches; 3° qu'il est toujours avantageux d'élever la température autant que possible.

Nous partageons complètement cette opinion; mais, comme nous l'avons déjà dit, il y aurait beaucoup plus d'avantage encore à employer des séchoirs bas, longs, étroits, à une température élevée, et satisfaisant surtout au principe de la continuité du travail.

1323. *Fours de torréfaction du tabac à fumer.* En sortant des machines dans lesquelles il a été haché, le tabac à fumer doit éprouver une première dessiccation dans des fours, où la température soit supérieure à 100°, mais n'excède pas 150°; le tabac est ensuite placé dans des séchoirs où se complète la dessiccation. On emploie en France deux espèces de fours de torréfaction : les fours chauffés à la vapeur et ceux dans lesquels les plaques sont chauffées directement par le foyer. Nous décrirons ces appareils avec les détails nécessaires, parce qu'ils sont applicables à d'autres usages, et parce qu'ils renferment des dispositions qui peuvent être utiles dans un grand nombre de cas.

1324. Les premiers fours de torréfaction à feu nu que l'administration des tabacs de France a fait exécuter, se composaient de plaques de fonte ou de tôle, placées à la suite les unes des autres, et reposant sur deux murailles de briques; le foyer était à l'une des extrémités, la fumée parcourait toute la longueur des plaques et se rendait ensuite dans la cheminée. Mais, par cette disposition, la température des plaques était très-irrégulière, l'opération exigeait beaucoup de soin de la part des ouvriers, et on perdait beaucoup de chaleur.

1325. M. Rudler a fait construire des fours qui obvient à tous ces inconvénients, et qui servent en même temps à brûler les côtes de tabac, qui ne sont d'aucun usage et qui doivent être détruites, afin qu'elles ne deviennent pas un élément de fraude. Cette dernière condition était dif-



ficile à remplir, du moins en brûlant complètement la fumée, parce que les côtes de tabac, renfermant beaucoup d'eau et de sels, s'enflamment difficilement; mais la combustion complète de la fumée était indispensable, car, lorsqu'elle ne l'est pas, il en résulte dans le voisinage une odeur insupportable.

La figure 1^{re} (pl. 63) est une coupe longitudinale suivant la ligne AB (fig. 2) du four dont il s'agit; la figure 2 est une coupe horizontale suivant CD (fig. 1); la figure 3 une coupe horizontale suivant la ligne FG (fig. 1); la figure 4 une vue de la partie antérieure du fourneau; la figure 5 une coupe verticale suivant IK (fig. 1); et la figure 6 une autre coupe verticale suivant MN (fig. 1).

a, foyer à houille. *b*, foyer à côtes de tabac. *c*, partie des carneaux où se réunissent les flammes des deux foyers. *d, d, d, d*, carneaux parcourus par l'air brûlé. *g, g*, bassin en fonte composé de 3 parties représentées en détail dans les figures 7, 8, 9, 10 et 11; sur ce bassin est boulonnée une grande plaque de tôle de fer *h, h*, sur laquelle se fait la torréfaction du tabac; cette plaque est terminée à un bout par une plaque en fonte sur laquelle est fixée la cheminée *f*. La cheminée est composée de deux cylindres concentriques; dans l'intervalle des enveloppes circule de l'air qui, après s'être échauffé, alimente un séchoir placé à un étage supérieur. Le bassin de fonte *gg* est appuyé sur des murs en briques *m* et *n*, qui renferment un espace vide, dans lequel de l'air s'échauffe et s'écoule par le tube *o*.

Pour mettre cet appareil en train, on commence par allumer le foyer à houille; lorsqu'il est en pleine activité et que la plaque de torréfaction a atteint 120° à 150°, on commence la combustion des côtes et le travail de la torréfaction. On étale uniformément sur la table à peu près 40 kilog. de tabac, que deux ouvriers retournent à peu près pendant 20 minutes; la dessiccation du tabac se termine ensuite dans les séchoirs. La torréfaction de 100 kilog. de tabac exige, terme moyen, 12^h,37 de charbon; et on consomme 72^h15 de charbon pour évaporer 100 kilogr. d'eau, sans compter la chaleur fournie pour la combustion des côtes. Dans l'appareil décrit, on brûle environ 50 kilog. de côtes par heure.

1326. Les fours de torréfaction à la vapeur que l'administration des tabacs de France a fait établir à la manufacture de Paris, avaient d'abord la forme d'un parallépipède à base rectangulaire. Ces appareils, cons-

truits tantôt en fer, tantôt en cuivre, ne pouvaient résister à la faible pression de la vapeur, qui n'excédait pourtant jamais 0,^m96 de mercure. L'administration, sur la proposition de M. Gay-Lussac, décida, en 1834, que ces appareils seraient remplacés par d'autres, formés de tuyaux de cuivre, et M. Rudler, ingénieur de la manufacture, fut chargé d'en faire les plans et d'en surveiller l'exécution. Depuis leur installation, ces appareils n'ont pas présenté un accident qu'on puisse signaler.

1327. La planche 64 représente un de ces appareils à une échelle de $\frac{1}{10}$. Les figures 1 et 2 représentent l'élévation et le plan; les figures, 3, 4 et 5 une coupe verticale, une coupe horizontale, et une coupe transversale. Chaque appareil est composé de deux parties parfaitement symétriques placées bout à bout. *a*, réservoir en fonte. *b*, couvercle également en fonte, fixé sur le réservoir *a* au moyen de 20 boulons, et de mastic de fonte. *c,c,c,c*, tuyaux en cuivre rouge d'une seule pièce, et de 0^m,002 d'épaisseur; ils ont extérieurement 0^m,115 de diamètre, et 6^m,22 de longueur. Ces tuyaux sont terminés d'un côté par des tampons en cuivre brasés sur les tuyaux; de l'autre côté par des brides pleines, dans lesquelles on a ménagé deux ouvertures; les oreilles de ces brides sont en outre percées de 4 trous pour le passage de 4 vis à chapeaux qui fixent les tuyaux sur le couvercle *b*; les joints de ces tuyaux avec le couvercle *b* sont faits avec des rondelles de plomb et du mastic rouge (céruse, minium et huile de lin). *d*, réservoir en cuivre placé dans le réservoir en fonte, portant sur son fond et au milieu une pièce creuse *f*, qui fait communiquer le réservoir *d* avec le robinet à trois eaux *g*; ce robinet, qui a 0^m,04 de diamètre intérieur, est fixé par l'une de ses brides au milieu de la caisse *a*; la bride opposée reçoit le tuyau à vapeur qui communique avec la chaudière.

Le réservoir *d* est fermé par un plateau maintenu par des boulons, et sur lequel sont brasés 10 tuyaux en cuivre *h, h, h*, de 0^m,03 de diamètre et de 6^m,06 de longueur; ces tuyaux passent dans des ouvertures ménagées dans le couvercle du plateau *b*. *i*, robinet à trois eaux de 0^m,02 de diamètre inférieur, placé sur le côté et en dessous de la caisse *a*; ce robinet est destiné à faire écouler l'eau de condensation; un tuyau adapté à la bride inférieure conduit cette eau directement dans la chaudière: la hauteur de l'appareil au-dessus du niveau de l'eau dans la chaudière (4 mètres) dépasse l'excès de la pression de la vapeur sur celle de l'atmosphère.

k, robinet de 0^m,015 de diamètre intérieur servant à expulser l'air de l'appareil; il communique avec un tuyau qui débouche à l'extérieur.

ll, pieds en fonte du réservoir *a*. *m, m, m, m*, pieds en fonte qui, avec les pieds *ll*, supportent les rebords en bois *n, n, n*. Les pieds *m, m, m, m* sont reliés deux à deux par les semelles en bois *o, o, o*, et par les boulons d'écartement *r, r, r, r*.

La figure 5 représente la vue de face de l'intérieur du réservoir en fonte *a*. La figure 6, le couvercle de ce réservoir; les figures 7 et 8, l'élevation et la coupe longitudinale des rouleaux *p, p*, qui soutiennent les tuyaux de chauffage.

Pour empêcher le tabac de passer entre les tuyaux *c, c, c*, qui ne sont pas en contact, des bandes de plomb d'une forme triangulaire sont placées entre eux. L'appareil condense 45 kilogr. de vapeur par heure, et torréfie 160 à 180 kilogr. de tabac.

§ 5. — SÉCHAGE DES ÉTOFFES PAR LA FORCE CENTRIFUGE.

1328. Imaginons un vase percé d'un grand nombre de petits orifices, ou formé d'une toile métallique, renfermant une étoffe humide et soumis à un mouvement de rotation très-rapide; en vertu de l'inertie de la matière, les petites particules d'eau qui mouillent l'étoffe se détacheront de sa surface et sortiront par les ouvertures de l'enveloppe. C'est sur ce principe que sont construites les machines dont il s'agit.

La machine représentée figure 12 (pl. 63) est formée de 4 piliers en fonte *AA*, fixés dans le sol et supportant 4 croisillons horizontaux *BB*, à travers lesquels passe l'axe vertical *CC*, supporté par une crapaudine *D*, et qui porte à son extrémité supérieure le vase en cuivre annulaire *EFGHIKLM*; ce vase est percé de trous, et divisé en 4 compartiments par des diaphragmes dirigés suivant des méridiens. *NOPQ* est un vase de cuivre fixe qui enveloppe le précédent et qui reçoit l'eau qui s'écoule ensuite par les tubes *RR*; le vase mobile se ferme par un couvercle *SS*, et tout l'appareil par un autre couvercle *TT* formé de barres de fer et qui est maintenu par des clavettes; ce dernier est destiné à éviter les accidents qui pourraient résulter de la rupture de l'appareil. La poulie *U* sert à communiquer le mouvement à l'axe *CC*.

On met une pièce de toile mouillée dans chacune des cases de la caisse



intérieure, et on imprime un mouvement rapide de rotation à l'appareil. Avec les dimensions de la figure, un appareil faisant 300 tours à la minute, peut sécher 20 pièces d'étoffe par heure. Il m'a été impossible d'obtenir des renseignements sur le travail consommé. Les pièces qu'on met dans la machine n'ont point été soumises à la presse, et elles en sortent encore un peu humides; leur dessiccation complète s'achève ensuite sur des cylindres à vapeur.

§ 6. — SÉCHAGE DES MATIÈRES PULVÉRULENTES.

1329. Le séchage des matières pulvérulentes peut s'exécuter à l'air libre comme celui de toutes les autres substances; mais ce mode de séchage présente beaucoup plus de difficultés pour les corps dont il s'agit, parce que ces corps, ne pouvant être étendus que dans le sens horizontal, leur dessiccation exige un espace très-grand, disposé d'une manière particulière. C'est cette méthode que l'on emploie dans tous les moulins à farine dans lesquels on lave le blé; ce dernier est séché sur des aires pavées exposées à l'air libre.

1330. Mais quand le séchage doit être prompt et continu, on emploie les mêmes procédés que nous avons déjà indiqués pour les tissus; on place les matières en couches minces dans un espace où l'on fait circuler de l'air chaud, ou sur des surfaces métalliques que l'on chauffe directement par l'air chaud ou par la vapeur. La seule différence entre ces séchoirs et ceux dont nous avons déjà parlé, consiste dans la disposition des matières dans le séchoir.

1331. Nous ne nous arrêterons que sur quelques modes de dessiccation qui présentent quelques particularités intéressantes, et d'abord sur celui de l'orge germée dans les brasseries.

On sait que pour disposer l'orge à la fermentation alcoolique, on la mouille et on la dépose sur une aire horizontale en une couche épaisse; la germination se manifeste bientôt, et quand elle a acquis le développement convenable, il faut l'arrêter par une prompte dessiccation. Cette opération se pratique en étalant l'orge germée sur une surface horizontale formée de feuilles de tôle percées d'un grand nombre de petites ouvertures, au-dessous de laquelle se trouve un espace conique, ayant pour base l'aire elle-même, et qui est occupé inférieurement par un four-



neau. La figure 1^{re} (pl. 65) représente la coupe de cet appareil. Le foyer est surmonté d'une voûte afin d'augmenter la température du foyer, et de brûler la petite quantité de fumée que le combustible employé peut dégager; l'air chaud arrive ensuite dans le tambour B fermé supérieurement, et garni latéralement de plusieurs ouvertures qui donnent issue à l'air chaud. Cette disposition est nécessitée par la chute fréquente des germes qui se détachent du grain et qui passent à travers les ouvertures de l'aire; ces fragments se réunissent dans les conduits CC. Ces conduits ont en outre pour objet d'amener de l'air froid qui se mêle avec l'air chaud qui sort du foyer, pour en abaisser la température.

L'air chaud s'introduit à travers l'orge en passant par les ouvertures de l'aire, et produit une dessiccation très-rapide. L'espace qui est au-dessus de l'aire doit être évidemment garni d'ouvertures pour l'écoulement de l'air saturé d'humidité.

Cette opération exige nécessairement l'emploi d'un combustible qui ne donne point de fumée. A Paris on emploie de la houille de Frènes, qui jouit de cette propriété; on pourrait aussi brûler du coke ou du charbon de bois, mais pour ce dernier la dépense serait plus considérable.

1332. On a remplacé avantageusement les tôles percées qui forment l'aire de la touraille par des toiles métalliques, et depuis, on a employé en Angleterre, pour cet objet, des briques percées de petits trous, qui doivent présenter beaucoup plus d'avantages encore, à cause de leur plus grande durée, et de leur prix moins élevé que celui de la tôle ou des toiles métalliques.

1333. Dans la disposition que nous venons de décrire il y a beaucoup de chaleur perdue à la fin de l'opération, parce qu'alors il se dégage beaucoup d'air non saturé de vapeur d'eau. La disposition représentée par la figure 2 (pl. 65) n'a pas cet inconvénient. L'orge germée est placée sur plusieurs cadres garnis de toiles métalliques, superposés et mobiles chacun autour d'un axe horizontal passant par son centre. Lorsque l'orge qui recouvre le cadre inférieur est sèche, on incline le cadre, et l'orge sort de la touraille par un orifice qui est garni d'une vanne qu'on lève seulement pour cet effet. Alors on charge le cadre inférieur de l'orge déjà en partie séchée sur le second cadre, on fait tomber ainsi l'orge de chaque cadre sur celui qui est au-dessous, et on charge le dernier

d'orge humide. A chaque opération on étale uniformément la matière sur les cadres.

1334. La figure 3 (pl. 65) représente la disposition d'une touraille continue, construite dans la grande brasserie de Louvain, par MM. Lacambre et Persac, ingénieurs civils, anciens élèves de l'école centrale. Cette brasserie a été montée pour faire 1,000 hectolit. de bière par jour, mais on n'en fabrique ordinairement que 100. L'orge est séchée sur des cadres en fer AAA, inclinés, garnis de toiles métalliques, mobiles autour de leurs centres, et auxquels la tige verticale BB imprime des secousses fréquentes qui font cheminer l'orge de haut en bas; chaque châssis dépasse le suivant de 0^m,12. L'orge est amenée sur les deux systèmes de châssis par les tuyaux C, C. DD est un plancher en fer sur lequel tombe l'orge après sa dessiccation. E est un calorifère qui fournit l'air chaud; il renferme 100 mètres carrés de surface de chauffe, brûle 400 kilogr. de houille en 12 heures, et sèche par jour 50 hectolitres de malt, renfermant chacun de 27 à 36 kilogr. d'eau. Chaque kilogramme de houille évapore donc de 1^k,7 à 2^k,2 d'eau. F est un tarare mobile pour nettoyer l'orge. G est un ventilateur à force centrifuge, qui prend l'air chaud dans la cheminée commune des fourneaux et le dirige dans des appareils où l'on chauffe l'eau destinée à l'usage de la brasserie. Les foyers consomment une quantité de houille qui correspondrait à une machine de 200 chevaux, et le ventilateur absorbe un travail qui ne dépasse pas 6 chevaux; il fait 1500 tours à la minute.

1335. On peut obtenir la continuité dans les appareils de dessiccation des matières pulvérulentes par les mêmes moyens qu'on emploie pour produire cet effet dans la dessiccation des étoffes.

La figure 4 (pl. 65) représente un appareil très-simple qui satisfait complètement à cette condition. A et B sont deux rouleaux placés dans une caisse fermée, et autour desquels se trouve une toile sans fin, mise en mouvement par la rotation que l'on imprime à l'un des rouleaux; la matière à sécher tombe sur la toile sans fin par la trémie C, et après avoir parcouru la longueur de la caisse, dans la trémie D. L'air chaud arrive par l'extrémité E et sort par l'extrémité opposée F; son mouvement est produit ou par un ventilateur, ou par une cheminée d'appel.

1336. La figure 5 représente une disposition analogue, mais qui con-



tient plusieurs toiles sans fin dont les mouvements ont lieu en sens contraire, par des engrenages fixés sur les axes des rouleaux qui sont du côté de celui sur lequel le moteur agit directement. L'air chaud arrive par le tube E et sort par le tube F. Cette disposition permet de ne donner qu'une petite longueur à l'appareil; mais il exige des roues dentées, et un travail plus considérable que celui qui est consommé dans le séchoir décrit précédemment.

1337. La figure 6 représente un séchoir à tiroirs, qui, sans être continu, permet de ne laisser échapper que de l'air saturé. Les tiroirs s'appuient, alternativement à gauche et à droite, contre les faces latérales de la caisse dans laquelle ils sont placés, et les planches qui les supportent sont garnies de larges orifices dans les parties qui ne sont pas couvertes par les tiroirs; par cette disposition l'air peut circuler sur toutes les matières déposées dans la caisse. L'air chaud arrive par le canal A; mais il peut être dirigé vers la partie supérieure ou vers la partie inférieure de la caisse, au moyen des deux tuyaux B et C et des registres *c* et *b*. De même l'air qui a traversé la caisse peut s'écouler par le bas ou par le haut, au moyen des tuyaux F et E et des registres *e* et *f*. En fermant les registres *c* et *e*, l'air chaud arrivera par la partie supérieure de la caisse et s'écoulera par sa partie inférieure; et quand la dessiccation, qui se fera nécessairement plus rapidement à la partie supérieure qu'à la partie inférieure, aura atteint les tiroirs du milieu, on videra ceux de la partie supérieure, on les remplira de matière humide, et on fera marcher l'air en sens contraire. Lorsque la moitié inférieure des tiroirs, dans lesquels la dessiccation s'opérera alors plus vite que dans l'autre, ne renfermera plus que des matières sèches, on les videra, on les remplira de matières humides, et on fera marcher l'air chaud en sens contraire.

§ 7. — SÉCHAGE PAR L'AIR A LA TEMPÉRATURE ORDINAIRE, DESSÉCHÉ ET MIS EN MOUVEMENT PAR LA CHALEUR OU PAR UNE ACTION MÉCANIQUE.

1338. La méthode de séchage à l'air libre que nous avons indiquée (1152), et qui paraît très-avantageuse dans un grand nombre de circonstances, a pourtant, comme nous l'avons déjà remarqué, un grand inconvénient, celui de donner des résultats très-variables suivant l'état hygrométrique de l'air, et même de ne produire aucun effet dans le cas

où l'air serait saturé; ainsi elle serait difficilement applicable à des travaux continus. Mais si l'on employait de l'air desséché artificiellement, et mis en mouvement par un moteur quelconque, cette méthode de dessiccation pourrait, dans certaines circonstances, être très-avantageuse; elle serait applicable surtout à la dessiccation de la colle.

1339. Jusqu'ici, pour sécher la colle, on a uniquement employé des étendages placés dans des bâtiments ouverts; cette méthode, qui paraît plus économique que toutes les autres, l'est souvent beaucoup moins, par la lenteur, l'irrégularité, l'incertitude du travail, et par les accidents qui surviennent; car la colle s'altère par la présence de l'air saturé d'humidité, qui y développe des moisissures, et par un air trop sec, qui, en accélérant trop la dessiccation, y produit des gerçures. Ce serait donc une amélioration très-importante pour les fabriques de colle, que l'emploi d'un séchoir qui fût indépendant de l'agitation et de l'état hygrométrique de l'air.

1340. La méthode que nous allons décrire remplit exactement ces conditions; elle est applicable non-seulement à la dessiccation de la colle, mais à celle de toutes les autres substances que l'on voudra sécher rapidement, par un travail uniforme, continu, et à la température ordinaire.

1341. L'appareil consiste en une chambre close, d'une forme convenable, renfermant les substances à dessécher, et n'ayant que deux issues; l'une pour admettre l'air atmosphérique préalablement desséché, quand il est très-humide, l'autre pour la sortie de l'air saturé, dont le mouvement sera produit par un tirage artificiel. Nous allons calculer tous les éléments de cet appareil, ainsi que les frais qu'il occasionnerait, afin de mettre les fabricants à même de juger si les circonstances locales le rendent avantageux.

La quantité d'eau contenue dans la colle en gelée est très-irrégulière; elle varie, suivant la qualité, des $\frac{2}{3}$ aux $\frac{5}{6}$; en admettant le premier résultat, qui correspond aux colles communes, pour obtenir 100 kilogr. de colle sèche il faudrait évaporer 200 kilogr. d'eau. Supposons que l'on veuille évaporer 1000 kilogr. d'eau en vingt-quatre heures, ce qui correspond à la fabrication de 500 kilog. de colle sèche. Mais remarquons d'abord que cela ne veut pas dire que 500 kilogr. de colle seront séchés en un jour, ce serait probablement une opération trop prompte; la dessiccation complète aura une durée qui dépendra de la quantité de matière



renfermée dans le séchoir; par exemple, si le séchoir contenait 4500 kilogrammes de colle en gelée, l'opération durerait évidemment trois jours. C'est à l'expérience à décider quelle est la durée du séchage la plus convenable; cet élément n'influera d'ailleurs que sur la capacité du séchoir, et sur la quantité de matière qu'on y accumulera.

Supposons maintenant que l'air extérieur soit à une température moyenne de 10°, et qu'il soit complètement saturé d'humidité. 1 mètre cube d'air à 10°, saturé de vapeur d'eau, en contient 9^m,7; par conséquent la quantité d'air sec qui devra passer dans le séchoir dans 24 heures, en négligeant la petite différence qui existe entre le volume de l'air sec et celui de cette même quantité d'air saturé, sera $1000 : 0,0097 = 103092^{\text{m. e.}}$.

La quantité de chaux vive nécessaire à la dessiccation de l'air serait au moins de 2000 kilogr., pour qu'à la fin de l'opération elle conservât encore une action hygrométrique suffisante.

1342. Examinons maintenant les procédés de ventilation. Le mouvement de l'air peut être produit de deux manières différentes : 1° par l'emploi de la chaleur; 2° par une action mécanique. Nous les décrirons toutes deux avec les détails nécessaires.

Le tirage artificiel produit par la chaleur s'exécuterait en plaçant à l'extrémité du séchoir et en dehors une cheminée communiquant avec un foyer qui serait alimenté par l'air du séchoir, et qui servirait d'appel. La cheminée devrait avoir une grande hauteur, et on fixerait la température que l'air y prendrait, de manière que la vitesse d'écoulement ne fût pas trop influencée par les vents.

Supposons, par exemple, que la cheminée ait 10 mètres de hauteur, et que la température moyenne de l'air chaud excède de 20° seulement celle de l'air extérieur. La dépense d'air par seconde sera, $103092 : 86400 = 1^{\text{m}},2$. En assimilant la résistance que l'air éprouve en passant à travers la chaux, à celle qu'il éprouve en traversant la grille d'un foyer, et en négligeant la résistance de l'air à travers le séchoir, le diamètre de la cheminée sera déterminé par la formule

$$D^5 = \frac{A^2(13D+0,05L)}{2gHat} \dots \quad (406)$$

dans laquelle il faut faire $L = H$, $t = 20$ et $A = 1,2$: on trouve alors

$D = 0^m,36$. Ainsi la section de la cheminée sera de $0^m,13$; mais il serait convenable de la porter au moins à $0,20$, en garnissant son sommet d'un appareil destiné à préserver le tirage de l'influence des vents.

Quant à la quantité de houille que le tirage par la chaleur exigerait, elle serait évidemment égale à

$$\frac{103092 \times 1^k,3 \times 20}{4 \times 7500} = 89^k,33.$$

Mais nous la supposerons de 100 kilogr. pour compenser la perte de chaleur par les parois de la cheminée, et le défaut de saturation complète de l'air.

La dépense qu'exige ce mode de séchage se composerait donc : 1° de 2000 kilogr. de chaux vive qui serait réduite en grande partie à l'état d'hydrate ; 2° de 100 kilogr. de houille. Mais comme la chaux qui aurait servi, serait aussi bonne pour les constructions et pour tous les autres usages que la chaux vive, on pourrait la vendre avec une très-petite perte. Ainsi la dépense se réduirait au prix de 100 kilogr. de houille, qui à Paris est à peu près de 5 francs.

Si on voulait employer une action mécanique pour produire le tirage, la machine la plus simple serait le ventilateur à force centrifuge, placé avant ou après le séchoir. D'après ce que nous avons vu (1151) un homme, dans un travail de 6 heures, peut évacuer 70,000 mètres cubes d'air avec une vitesse de 5 mètres par seconde. La quantité d'air à faire sortir en 24 heures étant de 103092 mètres, on voit qu'un seul ventilateur de même dimension que celui qui est représenté dans les figures 3 et 4 (pl. 48), appellerait dans 24 heures 280,000 mètres cubes d'air : ainsi, en supposant la journée d'un ouvrier de 3 francs, un travail presque triple de celui qui est nécessaire ne coûterait que 12 francs.

Il résulte de là, comme nous l'avons déjà dit, que la ventilation par les machines est à meilleur marché que la ventilation par l'air chaud, quoique la vitesse de l'air chaud ait été supposée beaucoup plus petite. Si on construisait des ventilateurs d'un plus grand diamètre, en donnant à l'air une vitesse beaucoup plus petite, on pourrait facilement obtenir un effet double avec la même dépense de travail.

Dans ce mode d'opération, la chaleur absorbée par la transformation de l'eau en vapeur, est fournie par le corps lui-même qui doit être séché,

et finalement par les corps environnants. On voit alors qu'il est important que l'opération marche lentement, car, s'il n'en était pas ainsi, l'air se refroidirait, et la quantité de vapeur entraînée diminuerait.

1343. Reste maintenant à donner quelques explications sur la disposition des appareils.

La figure 1^{re} (pl. 66) représente la coupe verticale de l'appareil destiné à dessécher l'air. Il est formé de deux caisses A et B, en maçonnerie, adossées à la muraille d'un des bouts du bâtiment, garnies de plusieurs étages de lattes en bois qui supportent les morceaux de chaux vive. Elles sont fermées en avant par des portes (fig. 2) qui laissent à leur partie inférieure des ouvertures par lesquelles l'air s'introduit. A la partie supérieure, ces caisses communiquent avec une caisse longitudinale CC, garnie de registres qui permettent de distribuer uniformément l'air. A l'autre extrémité du séchoir se trouvent (fig. 3) des orifices nombreux, également garnis de registres, qui communiquent avec la cheminée d'appel. La figure 4 représente une coupe transversale de cette cheminée. Une partie de l'air alimente le foyer; l'autre passe à côté, et se trouve échauffée par son mélange avec l'air brûlé.

Quant à la disposition du séchoir et à l'arrangement des matières à sécher, il faut surtout satisfaire à cette condition, que l'air suive avec la même facilité tous les chemins qu'il doit parcourir pour opérer la dessiccation, et que l'étendue du séchoir et la quantité de matière qui s'y trouve renfermée soient en rapport avec la durée que doit avoir l'opération. Il est évident qu'il serait important de disposer les tuyaux d'arrivée et de départ de l'air de manière que l'on pût faire entrer l'air sec successivement par les deux extrémités du séchoir.

1344. Les figures 5 et 6 (pl. 66) représentent une coupe verticale suivant xx' , et une coupe horizontale suivant yy' , d'un séchoir à air desséché par du chlorure de calcium et mis en mouvement par deux ventilateurs à force centrifuge. L'air extérieur s'introduit par les ouvertures A dans les caisses en bois B, garnies de cadres couverts de toiles métalliques, sur lesquelles repose le chlorure de calcium; à la partie inférieure de chacune des caisses se trouve un vase en fer C qui reçoit le chlorure liquéfié, et le conduit dans le vase mobile D; l'air est appelé par deux ventilateurs E, E, montés sur le même axe, mis en mouvement par un moteur quelconque, et qui le versent dans le séchoir. A



l'extrémité opposée se trouve la cheminée d'écoulement de l'air humide. L'emploi du chlorure de calcium serait très-convenable si on pouvait disposer de la chaleur perdue d'un fourneau pour le ramener à l'état solide.

§ 8. — SÉCHAGE DANS LE VIDE.

1345. Si on plaçait dans un espace vide, une substance humide et un corps très-hygrométrique, la dessiccation s'effectuait d'elle-même. L'appareil devrait être disposé de manière que le liquide pût facilement recevoir de la chaleur des corps environnants.

1346. La dépense de ce mode de séchage consisterait dans le prix de l'action mécanique nécessaire pour former et maintenir le vide, et celui de la dessiccation ou du renouvellement de la matière absorbante. Les matières que l'on pourrait employer sont la chaux, le chlorure de calcium, l'acide sulfurique concentré, etc.

1347. Ce mode de séchage présenterait de grands avantages pour la dessiccation des viandes, qui pourraient alors être conservées très-long-temps sans perdre aucune de leurs propriétés; mais il faudrait d'abord les dessécher aussi complètement que possible au moyen d'un courant d'air forcé.

M. Gay-Lussac a fait à cette occasion une expérience importante que nous allons rapporter. Il avait suspendu un morceau de bœuf sous le récipient d'une machine pneumatique, au-dessus d'une capsule renfermant du chlorure de calcium; il fit le vide sous la cloche; la viande se dessécha complètement; deux mois après elle fut employée à faire du bouillon qui était fort agréable: la viande n'était pas coriace et se coupait très-bien.



CHAPITRE XIII.

CHAUFFAGE DE L'AIR.

1348. Le chauffage de l'air peut avoir lieu par son mélange avec les produits de la combustion, par le rayonnement des foyers, par les poêles, par les cheminées-poêles, par des calorifères à air chaud, par des calorifères à vapeur, par des calorifères à eau chaude à basse température, et enfin par des calorifères à eau chaude à haute température. Nous examinerons successivement ces différents modes de chauffage.

§ 1. — CHAUFFAGE DIRECT PAR LA COMBUSTION.

1349. Ce mode de chauffage dénature l'air, le rend impropre à la respiration, et ne peut être employé que dans des circonstances très-limitées, dans le séchage de certaines substances, dans le chauffage de certaines étuves, et pour produire des ventilations artificielles. Il exige des combustibles qui ne donnent pas de fumée; de plus, il est extrêmement dangereux et peut occasionner de graves accidents.

Ce mode de chauffage est cependant le premier que l'on ait imaginé pour les habitations, et il est encore généralement usité en Espagne. A Paris on voit souvent, dans les petits logements, des fourneaux de cuisine sans cheminée, non-seulement au-dessus des fourneaux, mais même dans l'appartement. Ce qui contribue à propager cet usage dangereux, c'est le préjugé assez généralement répandu que la combustion de la braise ne produit aucun des funestes effets du charbon.

1350. Les fabricants de cierges et de bougies chauffent encore leurs bassines avec des fourneaux à charbon, placés au milieu de l'atelier, qui souvent n'a pas de cheminée.

1351. En 1806 tous les hongroyeurs de Paris, et certainement tous

ceux du reste de la France, échauffaient l'étuve dans laquelle on passe les cuirs au suif, au moyen d'un foyer à charbon de bois sans issue pour l'air brûlé ; et la quantité de charbon consommée était considérable, car la température de l'étuve était portée à 50 ou 60°. Les ouvriers étaient cependant obligés de séjourner dans cette étuve remplie d'acide carbonique, mais il arrivait souvent de graves accidents. Ce ne fut qu'avec beaucoup de peine et par des expériences qui démontrèrent combien le chauffage par des poêles est plus économique et plus salubre, qu'on parvint à leur faire adopter ce nouveau mode de chauffage. (*Bulletin de la société d'encouragement*, tome V, p. 67.) Les ateliers d'étirage de la laine sont encore dans le même cas.

1352. Pour faire voir combien cet usage peut être dangereux, rappelons-nous qu'un kilogramme de charbon, en brûlant, convertit en acide carbonique la totalité de l'oxygène renfermé dans 9 mètres cubes d'air ; mais l'air devient impropre à la respiration quand il ne renferme plus que le tiers de l'oxygène qu'il contenait d'abord ; d'où il suit que la combustion de 1 kilogr. de charbon rend irrespirables 27 mètres cubes d'air. Ainsi l'air d'un appartement clos, de 4 mètres de longueur, sur 4 de largeur et 3 de hauteur, et renfermant $3 \times 4 \times 4 = 48$ mètres cubes de capacité, serait rendu impropre à la respiration et asphyxierait les hommes qui le respireraient, par la combustion de 1^h,74 de charbon. Mais c'est principalement dans des habitations beaucoup plus petites que cet usage pernicieux est établi, et où par conséquent l'air peut être vicié par une quantité de charbon beaucoup plus petite.

Nous n'avons parlé, dans ce qui précède, que de l'influence de l'acide carbonique, mais la combustion du charbon donne toujours lieu à la production d'une quantité plus ou moins considérable d'oxyde de carbone, dont l'action délétère sur l'économie animale est bien autrement grande que celle de l'acide carbonique, car l'air qui renferme un centième de ce gaz occasionne presque immédiatement la mort des animaux à sang chaud, comme M. Félix Leblanc l'a démontré récemment par des expériences décisives.

1353. Ainsi le chauffage direct de l'air par les combustibles doit être proscrit dans toutes les circonstances où les hommes doivent séjourner dans l'air échauffé. Il peut cependant être employé, comme nous l'avons dit, dans les séchoirs et les étuves, lorsque les appareils sont disposés de

manière à faire évacuer l'air vicié par la combustion avant que les ouvriers s'y introduisent.

§ 2. — CHAUFFAGE DE L'AIR DES APPARTEMENTS PAR LE RAYONNEMENT DU COMBUSTIBLE.

1354. On a fait beaucoup de recherches pour savoir si les anciens faisaient usage des cheminées. Les maisons découvertes à Herculannum et à Pompéïa n'en offrent point. Ainsi on doit présumer qu'à l'époque de la destruction de ces deux villes on ne connaissait pas encore les cheminées en Italie, et qu'on se servait alors de foyers ouverts et portatifs. Les palais paraissent avoir été chauffés à cette époque par des fours placés au-dessous du rez-de-chaussée, dont la chaleur se distribuait dans la masse des bâtiments; et aussi par des foyers fixes ouverts de tous les côtés, établis au milieu des pièces, et dont la fumée s'échappait par un orifice percé dans le toit. Ces deux modes de chauffage devaient exiger une énorme quantité de combustible.

Au temps de Sénèque, on commença à pratiquer des tuyaux dans les murs, pour porter la chaleur dans les étages supérieurs; il est probable que c'est là l'origine des tuyaux destinés à recevoir la fumée.

1355. L'époque à laquelle il faut placer l'origine des cheminées est assez incertaine; les auteurs du quatorzième siècle semblent ne les pas connaître, ou du moins ils n'en parlent que comme d'une invention nouvelle et d'un objet de luxe. D'après cela, on peut présumer que jusqu'à cette époque les cheminées n'étaient pas connues, ou du moins n'étaient pas d'un usage général.

La date la plus ancienne et en même temps la plus certaine où il ait été question des cheminées, est l'année 1347. Une inscription trouvée à Venise apprend que cette année un tremblement de terre renversa un grand nombre de cheminées. Les premiers ramoneurs qui vinrent en France, étaient originaires de la Savoie, du Piémont et des autres pays circonvoisins. Ces contrées ont été pendant longtemps les seules où le métier de ramoneur fut pratiqué; d'où l'on peut conjecturer que les cheminées ont été inventées en Italie.

1356. L'usage des poêles est très-répandu dans le Nord, tandis qu'en France et dans la Grande-Bretagne on préfère les foyers découverts.



Dans les parties les plus chaudes de l'Espagne et de l'Italie, on voit très-peu de cheminées; le seul moyen de tempérer le froid, souvent très-vif pendant certains jours d'hiver, consiste à brûler du charbon de bois dans des foyers portatifs.

1357. On donna d'abord à l'ouverture des foyers découverts et aux tuyaux à fumée une grandeur démesurée; cette disproportion des ouvertures des foyers est encore conservée dans les campagnes, et partout les tuyaux ont encore une trop grande section.

1358. Une trop grande ouverture du foyer, et une trop grande section dans le canal destiné à conduire la fumée, ont de très-graves inconvénients. La ventilation est énorme, et par conséquent les courants d'air froid qui s'introduisent par les jointures des portes et des fenêtres acquièrent une trop grande vitesse, et peuvent être nuisibles. Cette masse d'air froid qui afflue du dehors vers le foyer refroidit tellement l'appartement, qu'il n'y a qu'une très-petite proportion de chaleur utilisée. Enfin la vitesse de l'air dans la cheminée étant très-petite à cause de son grand diamètre, le tirage est facilement influencé par les vents, et il s'établit souvent dans la cheminée, deux courants opposés qui occasionnent le dégagement de la fumée dans la pièce.

Les grandes ouvertures de foyers et les grandes sections de cheminées ont été abandonnées dans les villes depuis longtemps; mais celles qui ont été conservées sont encore beaucoup trop considérables, et les foyers actuels ont encore, en partie du moins, les inconvénients des anciens.

1359. Rumfort fut le premier qui améliora la construction des foyers; il rétrécit l'orifice de communication avec la cheminée, diminua la profondeur du foyer, et le termina latéralement par des murs inclinés. Ces foyers, connus généralement sous le nom de cheminées à la Rumfort, sont beaucoup plus avantageux que les anciens; la quantité d'air non brûlé qui passe dans le tuyau à fumée étant beaucoup plus petite que pour les foyers ordinaires, la température de la fumée est plus élevée, elle se répartit d'une manière plus uniforme dans le canal, et l'ouverture supérieure étant rétrécie, les doubles courants ne s'y établissent pas aussi facilement; la combustion est aussi beaucoup plus vive, parce que la vitesse de l'air à l'orifice est beaucoup plus grande, et que l'air affluent est mieux dirigé sur le combustible, ou du moins sur la flamme. Nous avons déjà dit que le rétrécissement de l'ouverture inférieure



d'une cheminée ne diminue la dépense totale à l'orifice supérieur que par les frottements qui se manifestent dans l'étranglement, et par la contraction de la veine fluide. Il résulte de là, que si l'ouverture supérieure de la cheminée restait toujours très-large, la ventilation ne serait pas à beaucoup près diminuée, dans la proportion du rétrécissement de l'orifice inférieur, et que ces cheminées pourraient encore être soumises à l'influence des vents; mais en les rétrécissant à l'extrémité supérieure, on y établit une grande vitesse, et les chances de fumée deviennent très-petites; elles pourraient même être nulles, si on garnissait la partie supérieure de l'un des appareils que nous avons décrits dans le premier volume.

1360. La diminution de la profondeur du foyer et le rétrécissement latéral par des murs inclinés, sont évidemment très-favorables à la réflexion de la chaleur, et sont avantageux sous le rapport de l'économie du combustible.

Souvent on construit les murs latéraux et le mur incliné supérieur avec des briques couvertes d'un vernis blanc, afin de réfléchir dans la salle une plus grande quantité de chaleur. Jusqu'à ces derniers temps l'émail des plaques de faïence qu'on employait à cet objet, avait l'inconvénient grave de se gercer très-prompement. Mais M. Pichemont est parvenu à faire disparaître cet inconvénient et à construire des plaques beaucoup plus grandes que celles qu'on avait pu établir avant lui. On emploie aussi, pour le même objet, des plaques de laiton polies.

1361. On a ensuite employé une disposition plus avantageuse encore; l'ouverture de communication du foyer avec la cheminée est réglée au moyen d'une plaque mobile autour d'un axe, qu'on maintient dans différentes positions à l'aide d'une crémaillère. Par ce moyen on peut régler à volonté le tirage de la cheminée.

1362. Plus récemment, on a imaginé de brûler le combustible dans des foyers mobiles en fonte, qu'on avance dans la pièce lorsque le tirage de la cheminée est bien établi.

1363. Dans d'autres appareils, pour diminuer la quantité d'air appelé par la cheminée, l'orifice par lequel l'air brûlé entre dans la cheminée, est placé derrière le combustible.

1364. Tous ces appareils ont pourtant encore un grand inconvénient; l'air appelé par la cheminée est uniquement fourni par les fissures des



portes et des fenêtres; de là, des courants d'air froid, ou de la fumée quand ces fissures ne présentent pas une surface suffisante.

1365. On emploie aussi des tuyaux placés dans l'intérieur même de la cheminée, et qui vont puiser l'air froid à l'endroit où la cheminée traverse le toit. Ces tuyaux portent le nom de ventouses. Ordinairement les ventouses viennent s'ouvrir à la partie supérieure de l'encadrement du foyer. Elles ont l'inconvénient de produire un froid très-vif sur les pieds des personnes qui environnent la cheminée; de ne pas renouveler l'air de la pièce, parce que l'air frais est appelé de suite dans le foyer; et rarement elles suffisent à la ventilation, car les tuyaux des ventouses, le plus souvent, n'ont pas la dixième partie de la section de la cheminée. Franklin avait imaginé de prendre l'air à l'extérieur, et de le faire arriver par un tuyau placé sous le parquet, en avant du foyer. Cette disposition a encore l'inconvénient de refroidir beaucoup le parquet, ce qui est très-incommode dans les appartements dont le sol n'est pas couvert d'un tapis, et d'ailleurs elle ne renouvelle pas l'air de la pièce.

1366. On a encore imaginé une disposition plus avantageuse, et qui procure une économie considérable de combustible. Immédiatement au-dessus du foyer se trouve un canal formé de tuyaux de tôle ou de fonte dans lesquels passe la fumée, et qui se prolonge jusqu'à la hauteur du plafond, où l'extrémité supérieure s'engage dans le tuyau de cheminée; les tuyaux sont renfermés dans une caisse qui reçoit l'air extérieur par la partie inférieure; l'air s'échauffe contre la surface des tuyaux, s'élève dans la caisse, sort par des ouvertures placées près du plafond, et sert ensuite à la respiration et à la combustion. Cet appareil est évidemment beaucoup plus avantageux que tous les autres, car la ventilation est régulière, elle a lieu par de l'air chaud, et la chaleur employée à chauffer cet air est complètement perdue dans les cheminées ordinaires. Mais cette disposition est compliquée. Dans d'autres appareils les tuyaux sont placés horizontalement, immédiatement au-dessus du foyer; ils sont chauffés extérieurement par la flamme et par l'air brûlé, et parcourus intérieurement par l'air avant qu'il pénètre dans la pièce.

1367. Telles sont les principales modifications qui ont été faites jusqu'ici aux cheminées. Afin de les apprécier à leur juste valeur, de connaître quel est l'effet utile du combustible produit par ces différents appareils, et la nature des perfectionnements qui restent encore à faire, nous



allons traiter la question d'une manière générale, en examinant avec soin les conditions à remplir, et les différentes manières d'y satisfaire.

1368. Le chauffage par les foyers découverts a pour objet de laisser voir le feu. Cette vue du feu est devenue presque un besoin ; on lui sacrifie, dans les appareils ordinaires, une grande quantité de combustible ; mais, quelque cher qu'il soit, on ne s'en privera pas, et ce qu'il y a de mieux à faire, c'est d'effectuer aussi bien que possible, avec cette condition, le chauffage et la ventilation. D'ailleurs c'est le seul mode de chauffage qu'on puisse employer dans les pièces qui ont de petites dimensions, tous les autres, comme nous le verrons, ne produisant pas un renouvellement d'air suffisant.

1369. Dans le chauffage des appartements, les conditions nécessaires à remplir sont : 1° la production d'une certaine température ; 2° le renouvellement de l'air ; 3° l'emploi le plus utile du combustible ; 4° l'absence complète de fumée dans les pièces chauffées.

1370. *Mode de renouvellement de l'air.* Le renouvellement de l'air dans les appartements ne doit pas être fondé sur les défauts des jointures des portes et des fenêtres, à cause de l'irrégularité, de l'incertitude de la ventilation, et des courants d'air froid qui se produisent. Il est plus convenable et plus sûr de régler la ventilation, par des ouvertures pratiquées à une fenêtre et que l'on puisse augmenter ou diminuer à volonté. Les ventouses sont aussi préférables à la ventilation par les portes, mais il faut qu'elles aient des dimensions suffisantes, et qu'elles soient placées de manière à renouveler l'air de la pièce. Toutes celles que l'on a employées jusqu'ici ont un diamètre beaucoup trop petit : leur section devrait peu différer de celle de la cheminée ou de l'orifice supérieur, quand ce dernier a un diamètre plus petit que la cheminée ; et toujours elles ne paraissent disposées que pour alimenter le foyer.

Mais dans tous les cas il est plus avantageux et plus économique de chauffer l'air avant son introduction dans la pièce. La disposition la plus convenable consiste à faire communiquer la ventouse avec un tuyau qui s'élève jusqu'à la hauteur du plafond, et verse l'air chaud dans la chambre. Par ce moyen on obtient un effet utile du combustible beaucoup plus grand, parce que l'air est chauffé par la chaleur perdue.

1371. *Dimension des tuyaux.* Il ne faut pas espérer ici de calculer les dimensions des tuyaux, comme celles des cheminées des fourneaux et des



poêles, parce que la quantité d'air qui, dans les foyers découverts, échappe à la combustion, varie non-seulement suivant la disposition du foyer, mais encore suivant la nature, la quantité, l'arrangement du combustible, et suivant l'époque de la combustion. On peut cependant admettre, qu'en général, dans presque tous ces foyers, le volume d'air appelé est au moins de 100 mètres cubes par kilogramme de bois; c'est le résultat d'un grand nombre d'expériences faites sur différentes cheminées, dont plusieurs étaient disposées de la manière la plus favorable pour diminuer le volume de l'air qui échappe à la combustion. Pour les dimensions des tuyaux, il faut uniquement s'en rapporter à l'expérience. On a reconnu que pour les cheminées des appartements ordinaires, une ouverture circulaire de 0^m,20 à 0^m,25 de diamètre est presque toujours suffisante. Il est rarement avantageux de dépasser cette limite, et dans ce cas, il est toujours convenable de garnir la cheminée d'un registre, afin d'en diminuer la section quand cela est nécessaire. Il n'y a cependant aucun inconvénient à avoir de larges cheminées, pourvu qu'on les rétrécisse suffisamment par les deux extrémités; cependant si le diamètre était d'une grandeur excessive, il pourrait y avoir un grand refroidissement de l'air par les parois, et par conséquent une grande diminution de vitesse; et même, il pourrait arriver que le mouvement de l'air n'eût pas lieu dans toute la section, alors la dépense d'air diminuerait considérablement. Pour les grands appartements, surtout pour les pièces qui sont destinées à réunir un grand nombre de personnes, et dans lesquelles, par conséquent, la ventilation doit être très-grande, on donne ordinairement aux cheminées 0^m,25 de section.

1372. Les cheminées communes à plusieurs foyers n'ont jamais aucun avantage et présentent souvent de graves inconvénients. Lorsque quelques-uns seulement sont allumés, le tirage est diminué par l'appel d'air froid qui a lieu dans les autres, et dans certaines circonstances, d'autres foyers peuvent appeler l'air de la cheminée commune. Ainsi, c'est une disposition qu'il faut toujours éviter.

1373. *Disposition des foyers.* On doit toujours rétrécir autant que possible l'ouverture du foyer, afin de diminuer le volume d'air qui pénètre dans la cheminée sans traverser le combustible. La forme et la nature des surfaces qui encadrent l'orifice du foyer, sont absolument sans influence sur l'effet utile produit. La cheminée doit être pourvue



d'un registre destiné à modérer le tirage. Les foyers mobiles permettent d'utiliser beaucoup mieux le combustible.

1374. *Choix du combustible.* La seule chaleur utilisée dans les foyers ordinaires, est celle qui provient du rayonnement; par conséquent, les combustibles les plus avantageux sont ceux qui ont un grand pouvoir rayonnant. D'après ce que nous avons dit (276), les plus mauvais sont ceux qui brûlent avec flamme; le bois est le plus mauvais de tous: la houille et le coke sont infiniment préférables.

1375. L'ouverture d'une cheminée ordinaire laisse passer dans l'appartement à peu près un quart de la quantité totale de chaleur rayonnée par le combustible; or, nous avons vu que les quantités de chaleur rayonnante émises par les différents combustibles (262), sont:

Pour le bois, 0,25 de la chaleur totale développée.

Pour le charbon de bois, 0,50.

Pour le charbon de tourbe, 0,50.

Ainsi la quantité de chaleur utilisée dans les foyers chauffés par le bois, est égale à peu près à 0,06 de celle qui est développée par la combustion. Si les parois du foyer étaient construites avec des matières ayant un grand pouvoir réflecteur, l'effet produit serait beaucoup augmenté. Mais on obtiendra de meilleurs résultats en employant du coke et de la houille qui ont un plus grand pouvoir émissif. Le coke serait préférable à la houille, parce qu'il ne donne pas de fumée et qu'il est d'un usage presque aussi économique.

En 1805, les membres du comité consultatif firent des expériences nombreuses pour déterminer les effets utiles produits par les différents modes de chauffage domestique. Dans les mêmes circonstances extérieures, on a maintenu l'air d'une salle à la même température pendant le même temps, au moyen de différents appareils dans lesquels on brûlait le même combustible, et on a mesuré la quantité de combustible consommé par chacun d'eux. Voici les résultats obtenus. En désignant par 100 la quantité de combustible brûlé dans une cheminée, celle qui a été consommée dans un poêle métallique était de 13, et elle a varié de 13 à 16 dans des appareils analogues aux poêles, mais à foyers ouverts. On ne peut rien déduire de certain des résultats obtenus, car ces nombres doivent nécessairement varier avec la ventilation produite et l'étendue des surfaces de chauffe des appareils comparés à la cheminée. Mais

ils suffisent pour faire voir combien l'effet utile des cheminées ordinaires est faible.

Après ces considérations générales, nous allons donner la description des différentes formes de cheminées les plus employées.

1376. *Anciennes cheminées et cheminées de Rumfort.* Les figures 1, 2 et 3 (pl. 66), représentent l'élévation, la coupe au niveau du sol, et une coupe verticale des anciennes cheminées. Les figures 4, 5 et 6 représentent l'élévation, le plan et une coupe transversale d'une cheminée de Rumfort. L'inspection seule des dessins suffit pour les faire comprendre. On donne ordinairement de 0^m,04 à 0^m,06 de section à l'ouverture inférieure du tuyau à fumée. Pour faciliter le ramonage par des enfants, le contre-cœur est souvent formé de briques réunies seulement par de la terre crue.

1377. On voit dans les figures 7 et 8 l'élévation, et une coupe verticale, d'une cheminée garnie d'un registre mobile *ab*, qu'on place et qu'on maintient dans différentes positions au moyen d'une tige *cd* articulée sur le registre, et garnie de petits orifices au moyen desquels on maintient la tige en les accrochant à un petit clou fixé dans la partie latérale de l'enveloppe du cadre du foyer.

La figure 9 est la coupe d'une cheminée garnie d'un registre mobile, placé au-dessus de la partie supérieure du cadre du foyer, et que l'on fait mouvoir par différents moyens.

1378. *Cheminée à houille et à coke.* Les figures 10 et 11 représentent l'élévation et une coupe d'une cheminée à houille. Les jambages sont disposés comme dans la cheminée de Rumfort, et le combustible est placé dans une grille formée de barreaux fixés dans les murs latéraux du foyer. *ab* est un tablier mobile autour de la charnière *cc*, et qu'on abaisse devant la grille pour allumer le combustible. Dans cette position, tout l'air appelé par la cheminée passe nécessairement à travers le foyer, et le tirage est beaucoup augmenté. On emploie souvent des tabliers qui ne font point partie de la devanture de la cheminée, et qu'on accroche à un clou devant le foyer quand on veut allumer le combustible. Le rétrécissement des jambages est indispensable pour brûler le coke ou la houille, parce que, sans cela, le tirage serait très-faible, la combustion serait languissante, et pour la houille il pourrait se dégager de la

fumée. Souvent les grilles sont à fleur des chambranles des cheminées, comme dans la figure 12.

1379. *Foyers à anthracite.* En Amérique, on brûle de l'anthracite sur des grilles disposées comme nous venons de l'indiquer. Nous rapporterons à cette occasion un passage du mémoire de M. M. Chevalier sur l'anthracite d'Amérique, dont nous avons déjà parlé :

« L'anthracite offre le plus commode des chauffages. Dans les appartements, où on le brûle sur des grilles assez semblables à celles usitées en Europe pour la houille grasse, on n'a à le remuer que deux ou trois fois par jour, pour qu'il soit constamment embrasé. On allume le feu au commencement de novembre, et il brûle sans interruption, nuit et jour, jusqu'au mois de mai; il suffit, le matin, de l'attiser avec le ringard, pour qu'il se remette à flamber. Les domestiques, qui aux États-Unis ont voix délibérative dans les affaires du ménage, le préfèrent à tout autre combustible, parce qu'il leur donne infiniment moins de peine. Dans chaque maison, le salon (*parlour*), pièce où la famille se réunit et reçoit les visites, a une grille sur laquelle est un feu d'anthracite en permanence. Les chambres à coucher ont de même de petites grilles. Dans quelques maisons riches de Philadelphie, cependant, on a des calorifères à anthracite. Les grilles ne diffèrent guère de celles qui sont employées pour la houille, que par un plus fort tirage. A cet effet, on réduit à une simple fente de 3 à 4 centimètres, d'ailleurs de la même largeur que la grille, l'ouverture par laquelle la fumée, ou plutôt les gaz produits par la combustion, se rendent dans la cheminée. La fente est ménagée à fleur du mur; la paroi du fond du foyer va de là, en s'inclinant, rejoindre le couronnement de la grille qui est, comme à l'ordinaire, placée dans un enfoncement du mur.

« Les foyers sont en briques réfractaires, ou, mieux encore, garnis d'une pierre talqueuse qu'on trouve en blocs considérables près de Philadelphie. Le fer ne vaudrait rien pour cette destination; il est indispensable à la bonne combustion de l'anthracite qu'il soit entouré de corps peu conducteurs. On donne à ces foyers peu de profondeur, à peu près la moitié de leur largeur seulement. La grille fait un peu saillie en avant du mur.

« On allume en peu d'instants un feu dans la grille en y plaçant de l'anthracite, quelques copeaux, et en recouvrant l'ouverture entière du



foyer avec un écran en tôle, appelé souffleur (blower), qui se suspend à un clou placé au-dessus du foyer, et qui s'applique exactement contre le mur sur les deux côtés et au-dessus de la grille. L'air n'ayant plus alors accès vers la grille qu'en dessous, on crée ainsi un fort tirage qui active la flamme des copeaux, et, lui faisant traverser l'anthracite dont la grille a été chargée, embrase celui-ci. »

1380. *Cheminées à ventouses*. Les figures 13 et 14 (pl. 67) représentent la coupe d'une cheminée à la Rumford et à ventouse. L'air, ordinairement pris dans un grenier ou sur les toits, ou dans la face du bâtiment, descend par un canal placé dans l'intérieur de la cheminée, et vient sortir dans l'appartement entre les deux tabliers fixes AB et A'B'. Telle est la disposition la plus fréquemment employée. Elle a plusieurs inconvénients : 1° la ventouse ayant une section beaucoup trop petite, ainsi que l'ouverture d'écoulement de l'air dans l'appartement, il en résulte que l'air a une très-grande vitesse devant le foyer, où il forme une nappe froide très-incommode, et la ventilation est insuffisante; 2° par la mauvaise disposition de l'orifice, la ventouse ne renouvelle pas l'air de l'appartement, car celui qui en sort alimente directement le foyer.

Cependant, comme ce mode d'appel d'air extérieur est très-facile à établir, on doit chercher à le modifier de manière à ce qu'il ne produise que de bons effets. Pour cela il faudrait : 1° donner aux ventouses une section beaucoup plus grande : cette section devrait être au moins de 2 décimètres carrés pour des appartements de moyenne grandeur; 2° faire arriver l'air froid au sommet de l'appartement, vers le plafond, afin que l'air de la chambre soit réellement renouvelé. Mais il serait beaucoup plus avantageux de chauffer l'air de ventilation aux dépens de la chaleur perdue par l'air brûlé.

1381. *Cheminée de l'Homond*. Cet appareil (fig. 15, 16 et 17, pl. 67) se compose de trois tablettes en stuc inclinées vers le contre-cœur de la cheminée; elles laissent au milieu une ouverture rectangulaire de 0,50 de hauteur sur 0,45 de largeur. Cette ouverture se ferme par un tablier mobile (fig. 18), composé de deux volets : celui qui est à la partie inférieure est soutenu par deux chaînes qui passent sur des poulies latérales et qui supportent des contre-poids; ce volet entraîne le premier en descendant lorsqu'il l'a découvert entièrement, et en remontant lorsqu'il l'a



couvert complètement, et cela au moyen d'un arrêt du premier volet placé à sa partie supérieure, et de deux arrêts fixés à la partie supérieure et à la partie inférieure du second. Entre le tablier et le contre-cœur, il y a seulement un intervalle de 15 centimètres; à une hauteur de 0,30, le contre-cœur porte des briques inclinées, maintenues par des barres de fer transversales qui rétrécissent le passage de l'air brûlé, de manière à ne laisser qu'une ouverture de 5 centimètres de largeur. Ces briques, qui sont seulement posées sur les tringles, s'enlèvent pour le ramonage. Le feu se fait dans la chambre, et rarement ces cheminées fument. Mais elles ont un trop grand tirage, elles consomment beaucoup de combustible et produisent une trop grande ventilation.

1382. *Cheminées à foyer mobile.* Les figures 19 et 20 (pl. 67) représentent l'élévation et une coupe verticale de la première disposition des foyers mobiles. Cet appareil se compose d'une caisse en fonte *abc*, ouverte en avant et mobile sur quatre galets qui roulent sur deux tringles de fer fixés sur le sol du foyer. Le foyer mobile est placé dans une caisse en tôle ouverte en avant, et derrière sur une étendue *de*, par laquelle s'échappe l'air brûlé; sur la partie supérieure de cette caisse se trouve un tablier en tôle articulé, terminé derrière par deux chaînes qui supportent le contre-poids *f*, et en avant par un bouton. C'est au moyen de ce tablier articulé qu'on diminue à volonté l'orifice d'accès de l'air dans le foyer. On enfonce le foyer et on abaisse le tablier pour allumer le feu, et quand le combustible est bien embrasé, on relève le tablier et on tire le foyer en avant. Depuis, on a disposé ces appareils d'une autre manière; le tablier est placé comme dans l'appareil de l'Homond, et il y a dans la cheminée un registre qu'on fait mouvoir à l'aide d'un petit bouton placé à côté du chambranle de la cheminée.

1383. *Cheminées de Millet.* Dans cette cheminée, l'auteur a eu pour objet de faire varier le tirage par le mouvement d'un registre placé devant le combustible, comme dans plusieurs appareils décrits précédemment, et de régler par le mouvement des mêmes pièces l'orifice d'admission de la fumée dans la cheminée. Les figures 1 et 2 (pl. 68) représentent, la première, l'élévation, et la seconde, une coupe verticale de l'appareil dont il est question. *abc* est un encadrement en cuivre ou en fonte qui s'emboîte exactement entre les chambranles et le manteau d'une cheminée ordinaire. *d, e, f* sont des plaques métalli-

ques ou de faïence qui réunissent l'encadrement *abc* avec celui du foyer. *g*, cadre du foyer. *hh*, boîtes verticales à coulisse, dans lesquelles montent et descendent les plaques *i,k*, placées l'une derrière l'autre en avant du foyer, et qu'on abaisse plus ou moins pour régler la quantité d'air qui alimente la combustion. Le bois est placé derrière ces plaques, et aussitôt qu'elles sont abaissées de manière à ne laisser qu'une issue étroite à l'air, le tirage s'établit et le feu s'allume. En les relevant ensuite pour ralentir la combustion, on rétrécit l'ouverture supérieure *l* par où s'échappe la fumée; mais on ne peut jamais la fermer entièrement; pour diminuer la ventilation de l'appartement lorsque le bois est réduit en braise, M. Millet dispose deux petits verrous qui soutiennent les plaques à la plus grande hauteur possible. Les dimensions de l'orifice sont telles, que la fumée ne peut pas se répandre dans l'appartement, du moins quand le tirage est bien établi. Le mouvement ascensionnel des plaques est facilité par un contre-poids *m* logé dans un renforcement *n* de la boîte de fonte *o*, et suspendu à une chaîne *p* qui, après avoir passé sur la poulie *q*, vient s'attacher par un crochet à un piton de la plaque *k*; celle-ci est munie, à son bord inférieur, d'une patte *s* qu'on saisit avec la pincette. Le contre-poids *m* fait équilibre au poids des plaques dans toutes leurs positions. Quand on lève la plaque *k*, son bord supérieur venant à rencontrer le bord saillant *t* de la plaque *i*, entraîne celle-ci dans son mouvement ascensionnel. Lorsque, au contraire, on abaisse la plaque *k*, en appuyant sur la patte *s*, elle descend seule d'abord et entraîne ensuite avec elle la plaque *i*. La partie principale de l'appareil est une capote en fonte *o* dont le fond est incliné en avant à partir de sa base; ses deux côtés sont recourbés à angle droit, de manière à former une boîte ouverte par-devant; ses arêtes latérales sont munies de deux bandes qui s'emboîtent dans celles *g,g*, pour former les coulisses *h,h*, dans lesquelles montent et descendent les plaques *i,k*. Le renforcement qui reçoit le contre-poids est fermé par une plaque *x* munie d'une poignée *y* pour la saisir. Deux petites pattes tournantes la retiennent en place. Lorsqu'on veut nettoyer la cheminée, on décroche la chaîne, le contre-poids descend au fond de sa boîte; après avoir enlevé les plaques *i,k*, on rejette la capote en arrière en saisissant la poignée *y*, et le ramoneur trouve suffisamment de place pour s'introduire dans la cheminée.



1384. Dans cette disposition, le foyer est trop encaissé, et l'abaissement du tablier diminue le champ du rayonnement du combustible placé derrière. La suivante, également due à M. Millet, n'a pas ces inconvénients. Cette nouvelle cheminée est formée, comme l'ancienne, d'une boîte en fonte qui se raccorde avec le cadre de l'ouverture du foyer; mais elle a beaucoup moins de profondeur; de sorte qu'une très-grande partie du combustible est placée en avant et rayonne librement dans la pièce. La caisse est percée à sa partie supérieure d'une fente qui règne dans toute sa longueur; le fond est percé d'une ouverture rectangulaire de 10 à 12 centimètres de hauteur, de la longueur de la caisse, dont le bord inférieur est placé à 15 ou 16 centimètres du sol, et qui peut être fermée en totalité ou en partie par un volet de fonte placé derrière. Ainsi la fumée peut s'écouler dans la cheminée, par l'orifice long et étroit de la partie supérieure de la caisse du foyer, ou par l'ouverture variable à volonté du fond de cette caisse. Le tablier ne sert que pour activer la combustion quand on allume le feu, et il n'est point indispensable; le volet du fond du foyer sert à régler l'activité de la combustion quand elle est établie; et enfin l'orifice long et étroit du sommet de la caisse donne issue à la fumée qui échappe à l'appel de l'ouverture, et à la totalité de la fumée quand le volet est complètement fermé. Par cette disposition, la combustion est plus parfaite que dans les cheminées où l'air pénètre en totalité dans le tuyau d'écoulement par la partie supérieure du foyer; la quantité d'air qui pénètre dans la cheminée excède peu celle qui est nécessaire à la combustion; enfin, la combustion peut être rendue active ou languissante sans qu'on fasse varier l'amplitude du rayonnement du combustible.

Les figures 3, 4 et 5 (pl. 68) représentent, la première, l'élévation; la seconde, une coupe verticale; la troisième, une coupe horizontale de cette nouvelle cheminée. ABCD *abcd*, devanture formée de trois plaques métalliques cintrées; les trois grands côtés AB, BC et CD se raccordent avec le chambranle de la cheminée; les trois petits côtés encadrent le foyer. *ef*, tablier mobile servant à fermer plus ou moins le cadre du foyer. Il reste en équilibre dans toutes les positions, à l'aide du contre-poids P fixé à une chaîne attachée au tablier, et qui passe sur la poulie fixe *g*. *hi*, ouverture pratiquée dans le contre-cœur, et que l'on ferme plus ou moins à l'aide du volet *kl*. La position de ce volet se règle

au moyen de la poignée m ; cette dernière, mobile autour de l'axe horizontal n , porte au point p deux chaînes, dont l'une, après s'être enroulée sur la poulie fixe q , supporte le poids r , et dont l'autre s'enroule sur les poulies fixes s et t , et s'attache à un crochet u fixé au volet; le contre-poids r est destiné à maintenir le volet dans une position quelconque. La figure 6 représente l'ouverture par laquelle s'écoule la fumée qui ne passe pas à travers l'orifice hi . Cette ouverture diminue de hauteur à mesure qu'on élève le tablier; mais elle n'est jamais complètement fermée, même quand le tablier est au point le plus élevé de sa course. La figure 7 est une vue du volet.

1385. La figure 8 est une disposition équivalente à celle que nous venons de décrire, qui présenterait les mêmes avantages et qui est beaucoup plus simple. Des registres tournants à frottement dur dans des coussinets, et que l'on dirigerait par des boutons fixés aux extrémités des axes et sur une des faces latérales des chambranles, permettraient de faire écouler l'air brûlé par la partie supérieure ou par la partie inférieure du foyer; et un tablier disposé comme dans la figure 18 (pl. 67), permettrait d'augmenter le tirage au commencement de la combustion.

1386. *Cheminées dans lesquelles on utilise une partie de la chaleur de l'air brûlé.* La disposition la plus simple pour utiliser une partie de la chaleur perdue par l'air brûlé est représentée en élévation et en coupe, figures 9 et 10 (pl. 68). Le combustible repose sur une caisse en fonte $abcd$, d'une petite hauteur, fermée de toute part, excepté sur la face antérieure où la fonte est remplacée par une toile métallique à mailles très-larges. Au fond de la caisse, vers le contre-cœur de la cheminée, s'élèvent plusieurs tuyaux en fonte mn , qui se recourbent et viennent s'ouvrir dans la pièce à la hauteur de la partie supérieure du cadre du foyer. L'air de la pièce pénètre dans la caisse par le devant du foyer, s'échauffe dans les tubes et sort par leurs orifices libres.

1387. La figure 11 représente une disposition qui produit le même effet. La partie supérieure du foyer est traversée par des tuyaux horizontaux, autour desquels l'air brûlé est obligé de circuler pour se rendre dans la cheminée. Ces tuyaux communiquent par un bout avec une caisse latérale en tôle qui s'ouvre par sa partie inférieure dans la chambre; par l'autre, avec une caisse semblable qui s'ouvre dans la pièce par sa partie supérieure.



1388. Les figures 12 et 13 représentent un appareil analogue. Le foyer est formé d'une double caisse ouverte en avant pour former l'entrée du foyer, et à la partie supérieure pour permettre à l'air brûlé de s'échapper dans la cheminée; *ab* et *ef* sont des toiles métalliques à larges mailles; *cd*, un registre mobile; *m*, un gros tuyau que l'air brûlé est obligé d'entourer pour se rendre dans la cheminée; il aboutit aux deux faces latérales de la caisse. L'air de la pièce entre dans l'intervalle des deux caisses par l'orifice *ab*, s'élève entre les deux fonds, entre les deux parois latérales, circule en partie dans le tuyau, et sort dans la pièce par l'orifice *ef*.

1389. Ces différents appareils augmentent beaucoup l'effet utile du combustible; mais ils seraient incomparablement plus efficaces si les caisses dans lesquelles pénètre d'abord l'air froid étaient en communication avec l'air extérieur, de manière que la totalité de l'air appelé par la cheminée fût obligée de traverser l'appareil; on obtiendrait dans la pièce une température beaucoup plus élevée. La figure 14 (pl. 68) représente une disposition qui satisfait à ces conditions.

1390. On voit, figure 15 (pl. 68), un appareil plus simple que les précédents et qui remplit le même but. Dans cette disposition, la cheminée est adossée à un mur isolé. Le contre-cœur est percé de plusieurs ouvertures qui reçoivent des tuyaux de tôle qui s'élèvent parallèlement dans la cheminée et qui débouchent dans la pièce près du plafond. Les tuyaux se démontent pour le ramonage. Leur section doit peu différer de celle qui reste libre dans la cheminée. Pour éviter le démontage annuel des tuyaux, on pourrait faire rendre l'air extérieur d'abord dans une ou deux caisses placées latéralement de chaque côté du foyer, et les faire communiquer avec une série de petits tuyaux appliqués contre la face antérieure de la cheminée; le ramonage pourrait s'exécuter sans déranger les tuyaux. On pourrait évidemment remplacer les tuyaux par une caisse en tôle.

1391. Un autre appareil plus simple encore est représenté figure 16 (pl. 68); l'air brûlé monte dans un tuyau de tôle ou de fonte, et l'air extérieur s'élève autour de lui. Le ramonage de la cheminée, du moins de la partie de la cheminée dans laquelle se trouve le tuyau de chauffage, ne pourrait être fait que par le moyen d'une corde et d'un petit fagot.

1392. Les figures 17 et 18 représentent une disposition analogue ap-

pliquée à un foyer à houille. L'air brûlé s'élève dans un tuyau de tôle placé dans une niche, qui, après plusieurs circuits de bas en haut, s'engage dans un canal en maçonnerie qui le conduit dans la cheminée. La niche est fermée en avant par une plaque surmontée d'une toile métallique. La plaque s'enlève pour le ramonage des tuyaux. Il ne faudrait pas placer dans la niche des petits tuyaux verticaux dans lesquels l'air brûlé s'élèverait simultanément, parce que l'air pourrait n'en parcourir que quelques-uns.

1393. On peut modifier ces appareils de mille manières; les conditions à remplir sont : de disposer les surfaces de chauffe de manière qu'elles soient efficaces; de donner une section suffisante aux veines d'air; et enfin de rendre les tuyaux et les joints suffisamment étanches, pour que l'air brûlé, souvent chargé de fumée, ne se mêle pas à l'air chaud. — Nous renvoyons pour tous les détails relatifs à ces différents objets, au paragraphe réservé aux calorifères.

1394. Les appareils dont nous venons de parler, qui ont pour but d'utiliser une partie de la chaleur perdue, présentent tous quelques difficultés pour le ramonage des cheminées, car il faut pour cette opération enlever complètement tout ce qui obstrue le passage, ou du ramonneur, ou du fagot d'épines qu'on doit promener dans la cheminée. L'appareil figure 16 est exempt de cet inconvénient; mais il serait difficile de s'assurer que le joint supérieur est constamment étanche, d'ailleurs, cette disposition ne serait praticable que dans la construction d'une maison. Les meilleurs appareils seraient ceux qui renfermeraient à la fois la devanture, les surfaces de chauffe, le tablier et le registre, qui se poseraient dans une cheminée en appliquant les bords de l'appareil contre les bords d'un cadre fixe posé à demeure dans le chambranle d'une cheminée, et sur lequel on le maintiendrait par trois ou quatre tourniquets; l'appareil s'enlèverait d'une seule pièce, pour le ramonage, et se replacerait avec une grande facilité.

1395. Les figures 19, 20, 21 et 22 (pl. 68) représentent un appareil qui satisfait à ces conditions. La première est une vue de l'appareil; la fig. 20 est une coupe verticale faite par le milieu; la figure 21, une coupe horizontale suivant YY' (fig. 20); et la figure 22 une autre coupe horizontale suivant XX' (fig. 20).

L'appareil se compose d'une caisse en tôle A'B'CD (fig. 21 et 22),



dont la face antérieure AA' BB' s'ajuste sur le chambranle de la cheminée ; cette caisse est ouverte à la partie inférieure et enveloppe le canal qui amène l'air extérieur. Ses bords inférieurs sont garnis de lisière qui leur permet de s'appliquer exactement sur le sol. La face antérieure est percée d'une ouverture supérieure L, garnie d'une toile métallique par laquelle l'air extérieur échauffé se rend dans la chambre ; d'une ouverture M qui forme l'orifice du foyer, et qui est garnie d'une porte à coulisse, et enfin d'un grand nombre d'orifices p, p , placés près du sol, qu'on peut ouvrir ou fermer à la fois, plus ou moins, au moyen d'une ou de deux plaques glissant dans des rainures ; les bords de la plaque de devant sont garnis d'arrêts au moyen desquels la caisse peut être fixée solidement. Cette caisse en renferme une autre plus petite, en fonte, $abcd$ (fig. 22), $adef$ (fig. 20), qui sert de foyer ; elle est ouverte en avant, et garnie à sa partie supérieure d'un orifice pourvu d'un registre tournant r , et d'un tuyau t qui conduit l'air brûlé dans la cheminée. Les faces latérales de la caisse du foyer sont traversées par des plaques m, m , venues à la fonte, et qui se prolongent en dedans et en dehors. L'air extérieur arrive au-dessous du foyer par un canal o .

On voit que, par cette disposition, l'air extérieur appelé par la cheminée s'échauffera en passant successivement sous le foyer et entre les deux caisses, où il rencontrera les prolongements des plaques de fonte chauffées par la flamme et le rayonnement du combustible, et qu'il pénétrera dans la pièce par la grille qui couvre l'orifice L. Les orifices p, p sont destinés à introduire dans l'appareil l'air de la pièce, dans le cas où la section du canal d'appel serait trop petite.

1396. *Cheminées qui fument.* Les cheminées, telles qu'on les construit ordinairement, laissent souvent dégager de la fumée dans les appartements. Cet inconvénient est très-grave ; il a donné naissance à une industrie spéciale, exercée par des individus qu'on désigne sous le nom de fumistes ; les fumistes sont pour la plupart des ouvriers ignorants, mais à qui une longue expérience a fait connaître quelques moyens préservatifs, qui réussissent quelquefois.

1397. Les causes qui font fumer les cheminées, et les moyens d'y remédier, ont été décrits avec beaucoup de précision par Franklin ; nous les exposerons sommairement en y faisant quelques additions.

1398. La première cause qui peut produire de la fumée, est le défaut

de ventilation, ou seulement la difficulté de l'introduction de l'air extérieur dans l'appartement. On conçoit en effet qu'il doit entrer constamment dans la pièce un volume d'air égal à celui qui s'élève dans la cheminée; par conséquent si la pièce est exactement fermée, la fumée ne pouvant pas sortir sans y produire un vide partiel, se répandra dans l'appartement lui-même; ainsi tout se passera comme s'il n'y avait pas de cheminée. Cependant il arrive presque toujours qu'une certaine quantité de fumée monte dans la cheminée; cet effet provient d'un double courant qui s'établit dans le canal; l'air extérieur descend dans l'appartement par une partie de la cheminée, tandis que la fumée s'élève par l'autre; mais ces deux courants n'étant point séparés, le courant descendant entraîne toujours avec lui une certaine quantité de fumée qui se répand dans la pièce.

Cette cause aura évidemment une influence d'autant plus grande, que l'appartement sera plus petit, que les portes et les fenêtres joindront plus exactement, et que le diamètre de la cheminée sera plus considérable.

Quand la fumée est produite par la cause que je viens de signaler, on peut y remédier, 1° en diminuant la quantité d'air qui s'écoule par la cheminée, 2° en favorisant la ventilation extérieure, 3° par l'un et l'autre de ces moyens. On diminuera toujours la dépense d'air par la cheminée en rétrécissant ses deux orifices. Mais comme il faut principalement diminuer l'appel de l'air qui n'est point employé à la combustion, on devra rétrécir l'ouverture du foyer. La disposition la plus convenable est celle de Rumfort ou celle à tablier mobile.

Quant à la ventilation extérieure, on pourra l'établir, comme nous l'avons déjà dit, ou au moyen d'un vasistas, ou par une ventouse, ou par un canal placé sous le parquet. On pourra chauffer l'air appelé ou le laisser entrer à la température extérieure. Cette cause de dégagement de fumée est la plus générale; je n'ai jamais vu d'appartements dans lesquels les appels d'air extérieur aient des dimensions suffisantes.

1399. La seconde cause de dégagement de la fumée réside dans une trop grande ouverture du foyer; il en résulte qu'une très-grande quantité d'air échappe à la combustion, abaisse la température de la fumée, diminue par conséquent la vitesse du courant qui, n'étant plus suffisante pour évacuer la fumée qui se dégage, en laisse refluer une partie



dans l'appartement. Le seul remède efficace consiste dans le rétrécissement permanent du foyer, latéralement et supérieurement, et dans l'emploi d'un tablier mobile.

1400. La troisième cause provient d'une trop petite élévation du canal, qui produit une trop petite vitesse d'ascension de la fumée. Il faut alors exhausser le canal, et rétrécir le foyer de manière à diminuer l'appel de l'air qui n'alimente pas la combustion. On obtient ainsi un double effet; l'air de la cheminée est plus chaud, par conséquent la vitesse devient plus grande, et la dépense a principalement lieu par l'air et la fumée qui sortent du foyer.

1401. La quatrième cause du dégagement de fumée résulte de l'action de plusieurs foyers les uns sur les autres, lorsqu'ils sont placés dans des appartements communiquants, n'ayant aucun mode direct de ventilation.

Si, plusieurs foyers étant disposés comme nous venons de le dire, on fait du feu dans un seul, l'air extérieur sera principalement appelé par les autres, attendu que l'air pénètre bien plus facilement et en bien plus grand volume par les cheminées que par les fissures capillaires des portes et des fenêtres. Si tous sont allumés et que la ventilation ne soit pas suffisante pour les alimenter tous, il arrivera nécessairement que celui dont le tirage est le plus fort, l'emportera sur les autres, et par conséquent que la fumée de ces derniers se répandra dans toutes les pièces. Un quelconque des foyers peut même faire fumer tous les autres, quoique son tirage soit plus petit, soit par une plus petite hauteur de la cheminée, soit par un plus grand diamètre de ce canal, soit parce que la quantité de combustible que l'on y consomme est plus petite; et pour cela, il suffit que ce foyer ait été allumé le premier, car aussitôt que la ventilation aura été établie, l'air aura dans les autres cheminées un mouvement de haut en bas, qui ne pourra que difficilement être détruit, attendu que le tirage d'une cheminée n'est à son maximum que quand tout le tuyau est rempli d'air chaud: par conséquent, si à l'origine il y a déjà un mouvement de l'air en sens contraire, il faudrait un foyer d'une grande activité, et une vitesse très-petite de l'air de haut en bas, pour que le tirage pût s'établir.

Le seul moyen de remédier alors à la fumée, consiste à donner à chaque pièce une ventilation suffisante, en diminuant l'appel de la che-

minée, et en établissant une introduction régulière et facile d'air extérieur.

1402. La cinquième cause de dégagement de fumée consiste dans la communication de plusieurs tuyaux de cheminée les uns avec les autres. Lorsqu'un tuyau d'un diamètre uniforme reçoit à une certaine hauteur un canal qui le pénètre, si le courant s'établit d'abord dans le dernier, la veine d'air qui en sort peut fermer l'autre comme une soupape. Il faut alors placer au-dessous de l'ouverture une plaque MNP (fig. 2, pl. 2), afin que le tirage se partage également entre les deux conduits.

Lorsque plusieurs cheminées communiquent, et que les tuyaux ont des diamètres convenables, l'appel a lieu par tous les embranchements, qu'ils fournissent ou non de l'air chaud. Il en résulte que si plusieurs ne donnent que de l'air froid, la température de l'air dans le canal commun est peu élevée, et par conséquent que le tirage dans chaque canal d'air chaud excède peu celui qui aurait lieu si ce canal débouchait dans l'air; ainsi il se dégage de la fumée par une trop petite hauteur réelle du canal. Cette disposition est aussi très-favorable au refoulement de la fumée dans les pièces où l'on ne fait pas de feu, parce que, la vitesse étant très-petite dans le canal commun, un grand nombre de circonstances peuvent produire un courant de haut en bas dans leurs cheminées. On peut remédier au dernier inconvénient en établissant dans les cheminées des trappes que l'on fermerait quand on n'y fait pas de feu; ces trappes diminueraient même beaucoup les chances de fumée dans les pièces où l'on fait du feu, parce qu'il n'y aurait plus d'appel d'air froid dans la cheminée commune. Mais il serait difficile de disposer les trappes de manière qu'elles pussent fermer exactement les cheminées, et ce n'est qu'à cette condition qu'elles seraient efficaces.

1403. La sixième et dernière cause qui fait fumer les cheminées réside dans l'action du soleil ou des vents directs ou réfléchis. Alors il faut avoir recours aux appareils que nous avons décrits dans le premier volume.

§ 2. — CHAUFFAGE INTÉRIEUR PAR LES POÊLES.

1404. Les poêles sont des appareils d'économie domestique placés



dans l'intérieur des appartements; ils ont une capacité plus ou moins considérable, dans laquelle on brûle du combustible. L'air échauffé par la combustion se rend à la sortie du foyer, directement, ou après avoir fait différentes révolutions, dans un tuyau qui le conduit dans une cheminée. Les portes du foyer et du cendrier sont tantôt dans l'appartement, tantôt dans une salle voisine. Les poêles sont en tôle, en fonte de fer, en faïence ou en briques.

1405. On donne souvent aux poêles le nom de calorifères; mais nous réserverons cette dernière dénomination pour les appareils qui servent à chauffer de l'air pris à l'extérieur, pour le verser ensuite dans les pièces qui doivent le recevoir.

1406. Les poêles en métal, pour la même étendue de surface et la même quantité de combustible brûlé, refroidissent davantage la fumée que ceux qui sont en faïence ou en maçonnerie, parce que les métaux conduisent mieux la chaleur que ces dernières substances; ainsi les poêles en terre cuite doivent avoir plus de volume et plus de surface de chauffe que ceux en métal.

1407. Les poêles en métal s'échauffent rapidement et se refroidissent de même; ceux de maçonnerie et de faïence, au contraire, s'échauffent difficilement, mais une fois échauffés ils cèdent lentement leur chaleur et entretiennent longtemps une douce température.

1408. Dans les poêles en métal, il est avantageux que la combustion soit lente et permanente. Dans les poêles en terre cuite, il est utile qu'elle soit vive, et ne dure que le temps nécessaire pour échauffer la masse de maçonnerie, opération qu'on renouvelle à des intervalles plus ou moins éloignés. Dans ces derniers appareils, quand le combustible est consumé, on ferme avec soin la porte du cendrier et un registre placé dans le tuyau à fumée, afin d'éviter que le poêle ne soit traversé par un courant d'air qui le refroidirait infructueusement.

1409. On prétend que les poêles en fonte ou en tôle ont l'inconvénient de donner à l'air une mauvaise odeur et de le dessécher. L'odeur de l'air chauffé par un métal provient probablement de l'altération qu'éprouvent les matières pulvérulentes qui sont en suspension dans l'air, par le contact du métal dont la température est souvent très-élevée, et toujours supérieure, pour la même quantité de combustible consommée, à celle que prennent les parois d'un poêle en faïence ou en briques.

On peut facilement s'assurer qu'il existe en effet dans l'air une grande quantité de poussière, non-seulement par les dépôts qui se forment sur les surfaces qui restent longtemps immobiles, mais par la vue de cette poussière quand on laisse pénétrer un rayon solaire dans une chambre obscure ; la poussière est alors fortement éclairée et s'aperçoit facilement. Cependant, quelques expériences sembleraient indiquer que les métaux chauffés ont une odeur propre.

Quant à la dessiccation de l'air, on n'a jamais fait aucune expérience exacte à ce sujet, mais tout le monde sait que l'on est dans l'usage de mettre sur les poêles en fonte, des vases pleins d'eau pour fournir de la vapeur à l'air, et que les poêles en faïence paraissent ne pas exiger cette précaution. On assure que les poêles en fonte, indépendamment de l'odeur qu'ils donnent à l'air, provoquent des maux de tête, quand on n'emploie pas le moyen que nous venons d'indiquer pour saturer l'air d'humidité. Mais la dessiccation de l'air par les poêles métalliques n'est qu'apparente ; l'air ne paraît plus sec que parce qu'étant plus chaud il peut dissoudre davantage de vapeur, et par conséquent qu'il est d'autant plus éloigné du terme de saturation qu'il est à une température plus élevée. Si les poêles en faïence ou en briques ne paraissent pas produire le même effet, cela tient à ce qu'ils n'échauffent pas l'air au même degré. Au surplus, quand on considère que dans une grande partie de l'Europe on a l'habitude de se chauffer avec des poêles de fonte ou de tôle, on peut difficilement croire que leur usage soit réellement insalubre.

1410. En résumé, je ne regarde pas en général, le chauffage par les surfaces métalliques comme insalubre ; il peut devenir incommode parce que la température du métal est quelquefois très-variable, et il peut donner une odeur désagréable, et dessécher trop fortement l'air quand le métal est à une trop haute température ; mais on peut éviter tous ces inconvénients, comme nous le verrons plus tard.

1411. *Surfaces de chauffe.* Les surfaces de chauffe peuvent être disposées de trois manières différentes sous le rapport de l'effet qu'elles produisent. 1° Le canal dans lequel circule l'air brûlé peut être libre dans l'enceinte qu'il doit échauffer : c'est le cas des poêles simples sans circulation intérieure. 2° Ces tuyaux peuvent être placés dans une enveloppe de petites dimensions, dans laquelle circule l'air qui doit être échauffé : c'est le cas des surfaces de chauffe des poêles à circulations

intérieures. 3° Enfin, les tuyaux peuvent être chauffés extérieurement par l'air brûlé et parcourus par l'air qui doit être échauffé. Toutes ces circonstances se rencontrent dans les calorifères à air chaud comme dans les poêles, et tout ce que nous dirons sera applicable à ces deux espèces d'appareils.

1412. *Surfaces de chauffe exposées à l'air libre, dans l'enceinte qui doit être échauffée.* Pour un même tuyau parcouru par de l'air brûlé, on peut admettre, du moins sans erreur sensible pour la pratique, que la quantité de chaleur transmise est proportionnelle à la différence des températures intérieure et extérieure.

1413. D'après ce que nous avons dit (706), quand le canal qui conduit l'air brûlé est métallique, la nature du métal et son épaisseur sont sans influence sur la transmission; mais la nature et l'état de la surface extérieure doivent en avoir une très-grande, parce que le refroidissement du métal a principalement lieu par le rayonnement, et que la partie du refroidissement qui est due au contact de l'air est indépendante de l'état de la surface. Ainsi, le fer-blanc ne conviendrait pas comme surface de chauffe, à moins qu'il n'eût été recouvert d'une peinture noire; la substance qui doit être préférée à toutes les autres est la fonte, et ensuite la tôle.

1414. Pour des tuyaux d'un diamètre constant, formés de la même matière, et parcourus par un courant d'air brûlé, à la même température à l'entrée, et animé de la même vitesse, il n'est pas douteux que la direction du tuyau n'ait une certaine influence sur le refroidissement du courant, attendu que cette direction modifie les mouvements de l'air chaud qui ont lieu dans d'autres directions que celles du tuyau: mouvements qui résultent du refroidissement des couches d'air en contact avec les surfaces métalliques; mais l'expérience indique que ces différences sont assez petites.

On en concevra facilement la raison en examinant les phénomènes qui se passent dans les cas extrêmes. Remarquons d'abord que dans les poêles et dans les calorifères il y a deux choses à considérer, l'absorption de la chaleur par la surface intérieure, et le refroidissement par la surface extérieure, et que l'absorption a uniquement lieu par le contact de l'air brûlé avec la surface métallique, tandis que l'échauffement de l'air extérieur a lieu et par le contact et par le rayonnement.



Considérons une surface horizontale supérieure au courant d'air brûlé ; c'est la position la plus favorable à son échauffement, mais c'est la plus défavorable au refroidissement extérieur, parce que les couches d'air en contact avec la surface se renouvellent difficilement. Si la surface est au contraire au-dessous du courant d'air brûlé, elle absorbe moins de chaleur que dans le cas précédent, parce que les couches d'air brûlé, après lui avoir communiqué une partie de leur chaleur, ne se déplacent que par suite du mouvement général, et restent en contact avec le métal à cause de leur plus grande densité ; mais la surface extérieure se trouve dans la circonstance la plus favorable à son refroidissement, parce que les couches d'air qui la touchent se renouvellent facilement. Aussi, dans un tuyau horizontal, la partie inférieure est toujours à une température moins élevée que la partie supérieure. Considérons maintenant un tuyau vertical ; ce cas paraît être le plus défavorable de tous, parce qu'il semble que les couches d'air qui touchent le métal intérieurement et extérieurement, ne doivent pas le quitter, et par conséquent qu'il doit peu s'échauffer, et par suite chauffer peu d'air par communication ; mais l'air extérieur étant à une plus haute température s'élève avec une plus grande vitesse, et l'inégale vitesse des filets d'air brûlé, parallèles à l'axe, qui résulterait de leur différence de température, si elle existait, doit nécessairement les mêler. Ainsi on voit que dans chaque cas particulier il y a des circonstances qui agissent dans des sens opposés, et cette considération jointe à celle-ci, que le refroidissement par le rayonnement est beaucoup plus considérable que celui qui est dû au contact de l'air, font comprendre qu'il doit réellement y avoir bien peu de différence dans les effets produits par des tuyaux diversement inclinés.

Cependant si un tuyau vertical avait une grande hauteur, et si l'air extérieur n'était pas mis en mouvement par d'autre cause que celle qui résulte de son échauffement, le courant d'air chaud, en prenant une température croissante, absorberait toujours moins de chaleur et finirait par atteindre la température du tuyau et par réduire son refroidissement à celui qui résulte du rayonnement de sa surface.

1415. Il résulte de ce qui précède, qu'on peut admettre en général, pour la transmission de la chaleur à travers un tuyau, les résultats obtenus dans un cas particulier. Je vais rapporter quelques expériences faites sur des cheminées de différentes substances, qui permettent de déter-



miner avec une approximation suffisante pour la pratique, les quantités de chaleurs transmises à travers la tôle, la fonte, et la terre cuite.

1416. Une cheminée de tôle de 16 mètres de hauteur, et de 0^m,09 de diamètre, ayant été montée sur un fourneau, j'ai déterminé la température de l'air au bas et au sommet, et j'ai mesuré directement la vitesse du courant par la méthode indiquée (315). Les résultats moyens de onze expériences, faites à des instants très-rapprochés, dans lesquelles la température au bas de la cheminée a varié de 270° à 287°, et la température au sommet de 75° à 79°, ont été les suivants :

Température au bas de la cheminée, 280°; température au sommet, 77°; température de l'air extérieur, 20°; vitesse moyenne de l'air chaud par seconde, 3 mètres; surface totale du tuyau, 4^m,52.

La quantité totale de chaleur qui passait à travers la surface du tuyau, dans le temps qu'une colonne d'air, égale à la longueur du tuyau, mettait à le parcourir, était évidemment égale à la quantité de chaleur perdue par cette colonne d'air en se refroidissant de 280° à 77°; or, un volume d'air égal à celui de la cheminée = $16^m \cdot (0,09)^2 \cdot \pi : 4 = 0^m,1017$; et son poids moyen $0^m,1017 \times 1,3 : (1 + 0,00365 \times 178) = 0^k,079$. La perte de chaleur = $0,079 \cdot 203 : 4 = 4$ unités de chaleur; et comme la durée de l'écoulement de la colonne d'air était de 5",3, il s'ensuit que 4^m,52 de surface ont laissé passer 4 unités de chaleur dans 5",3, pour une différence moyenne de température de $178 - 20 = 158^\circ$; et que par mètre carré, par heure, et pour une différence de température de 1°, la quantité de chaleur qui passerait à travers la tôle serait de 3,93 unités. Mais en supposant que dans un poêle ou dans un calorifère la fumée soit abandonnée à 200°, comme autour du foyer sa température est au moins de 800°, la température moyenne de la fumée sera à peu près de 500°, et la différence de température de l'air brûlé et de l'air échauffé de 400 à 500°, alors nous admettrons que chaque mètre carré laisse passer de 1600 à 2000 unités de chaleur par heure.

1417. Clément a cité dans son cours, une expérience d'où l'on peut aussi déduire l'étendue de la surface de chauffe d'un calorifère. Un calorifère en tôle de 0^m,002 d'épaisseur et de 6^m,70 de surface, dans lequel on a brûlé 21 kilogr. de houille en trois heures et demie, a chauffé de 0° à 50°, 4200 mètres cubes d'air. Il résulte de là qu'un mètre carré de surface a échauffé par heure 179 mètres cubes d'air, et a laissé passer

une quantité de chaleur égale à $179.1,3.50:4 = 2908$ unités. Ce nombre est beaucoup trop grand, et, par conséquent, l'air brûlé devait être abandonné à une température très-élevée; c'est ce qu'il est facile de reconnaître, en comparant l'effet produit par les 21 kilogr. de houille à celui qu'on pourrait obtenir. En effet, dans l'appareil dont il est question, on a obtenu $4200 \times 1,3 \times 50 : 4 = 68250$ unités, par conséquent chaque kilogr. de houille a produit $68250 : 21 = 3250$ unités de chaleur; tandis que l'on peut très-facilement obtenir de 5000 à 6000.

1418. J'ai fait aussi, sur des tuyaux de fonte, plusieurs expériences dont je vais rapporter les résultats moyens.

Hauteur de la cheminée de fonte, $16^m,50$; épaisseur du métal, $0,01$; diamètre intérieur, $0,20$; température au bas de la cheminée, 175° ; température au sommet, 77° ; température de l'air extérieur, 20° ; vitesse par seconde $4^m,53$; surface totale du tuyau, $10^m,36$.

Le volume du canal $= 16,5 \cdot (0,1)^2 \cdot \pi = 0,51$. Le poids d'un égal volume d'air à la température moyenne $= 0,51 \cdot 1,3 : (1 + 0,00365 \cdot 126) = 0,45$. La perte de chaleur pendant le temps de l'écoulement d'une colonne d'air ayant la longueur du canal, ou $3^m,64$, est égale à $0,45 \cdot (175 - 77) : 4 = 11$ unités. Ainsi $10,36$ mètres carrés de surface ont laissé passer en $3^m,64$, 11 unités de chaleur pour une température moyenne de 126° , et un excès moyen de $126 - 20 = 106$. Ce qui correspond à $9,9$ unités par mètre carré, par heure, et pour une différence de température de 1° . Alors, pour une différence moyenne de température, entre l'air brûlé et l'air échauffé, de 400 à 500 degrés, on peut compter que chaque mètre carré de surface de fonte laissera passer de 4000 à 5000 unités de chaleur.

La grande différence que nous avons trouvée entre la fonte et la tôle, pour la transmission de la chaleur, lorsque ces métaux sont chauffés par la fumée, n'existe plus quand ces métaux sont chauffés par l'eau ou la vapeur; la fonte transmet bien encore une plus grande quantité de chaleur que la tôle, mais la différence est faible. Il est difficile de se rendre compte de cette anomalie, car il semble que le refroidissement doit être indépendant du mode de chauffage. Cependant, comme il est bien démontré par les expériences de M. Melloni que les rapports des pouvoirs absorbants des corps varient avec la nature des rayons qu'ils reçoivent, il est très-probable qu'il en est ainsi des pouvoirs émissifs; d'ailleurs, comme dans le chauffage par la fumée, les enveloppes reçoivent beau-

coup de chaleur rayonnante émise par les matières solides en suspension, la différence dont il est question pourrait s'expliquer par une plus grande différence du pouvoir absorbant de la fonte et de la tôle sur l'espèce de chaleur qu'elles reçoivent. Au surplus, le coefficient de transmission de la fonte ne présente aucune incertitude, et si celui de la tôle était trop petit, il n'en résulterait qu'un faible inconvénient, car la tôle n'est jamais employée que dans les petits calorifères, et pour ces appareils il est peu important que la surface de chauffe soit un peu plus étendue, d'autant plus que le maximum de consommation de combustible n'y est jamais fixé.

1419. Des expériences analogues faites sur des tuyaux en terre cuite ont donné les résultats suivants :

Hauteur de la cheminée, 13 mètres; diamètre, 0^m,08; épaisseur, 0^m01; température au bas de la cheminée, 260°; température au sommet, 60°; température de l'air extérieur, 20°; vitesse d'écoulement de l'air chaud, 2^m,38 par seconde.

La surface de la cheminée = 3,27. Le volume du canal = $13 \cdot (0,04)^2 \cdot \pi = 0,0653$. Le poids d'un égal volume d'air à la température moyenne = $0,0653 \cdot 1,3 : (1 + 0,00365 \cdot 160) = 0^s,053$. La perte de chaleur pendant la durée de l'écoulement d'une colonne d'air ayant la longueur du canal, durée qui était de 5["],46, est donc de $0,053 \cdot (260 - 60) : 4 = 2,65$ unités. Ainsi, 3^m,27 de surface ont laissé passer pendant 5["],46, 2,65 unités de chaleur pour un excès moyen de température égal à $160 - 20 = 140^\circ$; et par conséquent la quantité de chaleur qui serait transmise par mètre carré, par heure et pour une différence de 1°, serait égale à $2,65 \cdot 3600 : (5,46 \cdot 3,27 \cdot 140) = 3,85$, et pour des excès de température de 400 à 500°, les quantités de chaleur transmises seraient de 1500 à 1800 unités.

1420. En résumé, on peut déterminer la surface de chauffe des poêles et des calorifères, dans lesquels la surface extérieure est en contact avec l'air, en admettant que chaque mètre carré de surface de tôle laisse passer par heure de 1600 à 2000 unités de chaleur, la fonte de 4000 à 5000, et la terre cuite, de 0^m,01 d'épaisseur, de 1500 à 1800; les tuyaux parcourus par la fumée ayant à peu près la section minimum de la cheminée calculée comme nous l'avons indiqué (406), et en supposant que le combustible produise un effet utile égal à 0,8 de sa puissance calorifique. Si on employait des surfaces beaucoup plus grandes, on utili-



serait mieux la chaleur, mais on pourrait craindre de ralentir le tirage, par un trop grand refroidissement de l'air brûlé, et par un trop long circuit. Si, au contraire, on prenait des surfaces moins étendues, l'air brûlé serait abandonné à une trop haute température, et l'effet utile du combustible serait plus petit. Si les tuyaux dans lesquels circule la fumée avaient un diamètre beaucoup plus grand que celui que nous avons supposé, il n'est pas douteux que la transmission de la chaleur serait beaucoup plus petite; qu'elle serait plus grande si les tuyaux avaient un diamètre beaucoup plus petit, et qu'il en serait ainsi lorsque la section restant la même, le rapport de son contour à sa surface augmente. Mais, comme nous l'avons déjà dit, les phénomènes qui se produisent sont si compliqués, qu'il est absolument impossible de les déduire de considérations théoriques, et des expériences à ce sujet présenteraient de très-grandes difficultés, sans donner des résultats bien importants pour la pratique, ceux que nous avons rapportés précédemment pouvant suffire dans presque tous les cas qui se présentent ordinairement.

1421. *Surfaces de chauffe placées dans l'enceinte du poêle ou du calorifère.* Au premier abord, ce cas ne paraît pas différer du premier, car, dans l'un et l'autre, la surface échauffée rayonne sur l'enceinte, et l'air s'échauffe par son contact avec la première et la seconde surface; il semble même que l'étendue de l'enceinte soit sans influence, car à mesure qu'elle devient plus petite, sa température s'élève, et cet accroissement de température doit compenser la diminution de son étendue. Mais dans les poêles et dans les calorifères les phénomènes ne se passent pas comme dans le refroidissement d'un corps placé dans une vaste enceinte, car, dans ce dernier cas, l'air chaud s'élève contre les surfaces de chauffe et descend contre les surfaces de l'enceinte, tandis que dans les poêles et les calorifères, l'air chaud marche dans le même sens contre les deux surfaces.

Ainsi, les phénomènes qui se passent dans le cas dont il est question, sont encore plus compliqués que ceux qui se produisent dans le refroidissement d'un tuyau à l'air libre, car le refroidissement de l'air brûlé dépend des mêmes circonstances, et le chauffage de l'air extérieur dépend de la section et de la direction des tuyaux dans lesquels il circule, de sa vitesse et de l'étendue de l'enveloppe. On voit d'après cela qu'il est impossible de déterminer, par des considérations théoriques, l'étendue des surfaces



de chauffe qu'il convient de donner aux poêles et aux calorifères dans le cas dont il s'agit maintenant. Mais l'expérience a démontré qu'on obtenait un effet utile suffisant du combustible consommé, en prenant pour les coefficients de transmission, les nombres que nous avons trouvés dans le premier cas.

1422. *Surfaces de chauffe chauffées extérieurement.* Les surfaces de chauffe dont il est question, sont celles des tuyaux ouverts qui traversent le foyer ou seulement les courants de fumée. Pour apprécier l'effet de ces surfaces sur l'air qui les parcourt, il faut remarquer 1° que le refroidissement de ces surfaces par le rayonnement est nul; car les rayons émanés de chaque point des tuyaux sont reçus et absorbés par d'autres points, et ces rayons de chaleur échauffent peu l'air qu'ils traversent; à la vérité, dans quelques dispositions il y a un peu de calorique rayonnant émis dans l'espace par une partie des extrémités des tuyaux, mais cette partie est en général très-petite, et par conséquent son effet peut être négligé; 2° que la vitesse du courant d'air y est en général plus grande que si les surfaces étaient chauffées intérieurement et exposées à l'air.

Ces deux circonstances agissent en sens contraires, l'une pour diminuer, l'autre pour accélérer le refroidissement. Ainsi il est nécessaire d'examiner l'importance de chacune d'elles.

1423. Commençons d'abord par chercher le rapport qui existe entre le refroidissement par le contact de l'air, et le refroidissement par le rayonnement seul, pour les différentes substances que l'on peut employer.

1424. Dans un des mémoires de Petit et Dulong sur la chaleur, on trouve que pour un vase de verre à 120° plongé dans une atmosphère à 20°, la vitesse totale du refroidissement étant représentée par 4,99, celle due au rayonnement l'est par 2,72, et celle due au seul contact de l'air, par le nombre 2,27.

Nous avons vu que le refroidissement par le contact de l'air est indépendant de la nature de la surface refroidissante. Cette loi, jointe aux rapports connus des facultés rayonnantes des corps, nous permet de trouver pour tous, le rapport entre le refroidissement par rayonnement et le refroidissement par le contact de l'air dans les mêmes circonstances.

En effet, pour chaque corps, dans les circonstances de l'expérience que nous venons de rapporter, le refroidissement par le contact de l'air sera de 2,27, et le refroidissement par rayonnement sera égal à 2,72

multiplié par le rapport du rayonnement de ce corps à celui du verre. On trouve ainsi, au moyen du tableau (19), que les vitesses du refroidissement par rayonnement et par contact, pour les surfaces enduites de noir de fumée, pour le plomb brillant, le fer poli, l'étain, le fer-blanc, l'argent, le cuivre et l'or, sont représentées par les nombres suivants :

NOM DES SUBSTANCES.	VITESSE du refroidissement PAR RAYONNEMENT.	VITESSE du refroidissement par le seul CONTACT DE L'AIR.	VITESSE du refroidissement TOTAL.
Verre.	2,72	2,27	4,99
Noir de fumée.	3,02	2,27	5,29
Plomb brillant.	0,57	2,27	2,84
Fer poli.	0,46	2,27	2,73
Fer-blanc, cuivre, argent.	0,36	2,27	2,63

1425. On voit, d'après ce tableau, que pour les métaux brillants, la chaleur émise par le rayonnement étant à peine $\frac{1}{6}$ de celle qui est cédée à l'air par le contact, il y aurait peu de différence dans les effets produits par un chauffage intérieur et extérieur. Et si on suppose que pour les hautes températures et le chauffage par la fumée, la fonte et la tôle se comportent comme quand elles sont chauffées par la vapeur, leurs pouvoirs émissifs seront peu différents l'un de l'autre et de celui du noir de fumée; alors, par un chauffage intérieur, la quantité de chaleur transmise ne serait pas la moitié de celle qui se dégagerait si le tuyau était chauffé intérieurement et entièrement libre dans l'air.

1426. Dans ce qui précède, nous avons supposé que la vitesse de l'air était la même, sur la surface libre extérieure et dans l'intérieur du canal; mais il n'en est pas ainsi, car les circonstances sont très-différentes; suivant la grandeur de la section du canal que parcourt l'air dans le calorifère, et l'intensité de l'appel, la vitesse de l'air peut être plus grande ou plus petite, et dans les deux cas varier dans un sens ou dans l'autre; et d'ailleurs la nature du mouvement de l'air dans les deux cas est entièrement différente. Ainsi on ne peut rien dire de général, et il serait



impossible de calculer la hauteur que le canal devrait avoir, pour que l'accélération de la vitesse, en augmentant le refroidissement par le contact, compensât le refroidissement par rayonnement qui est presque nul.

1427. Cependant nous pouvons conclure de ce qui précède que, quand les tuyaux sont chauffés extérieurement et n'ont qu'une petite hauteur, ce qui est le cas le plus ordinaire, le refroidissement est beaucoup plus petit que quand la même étendue de surface est échauffée intérieurement. Dans les grands calorifères en fonte, on emploie des surfaces de chauffe deux ou trois fois plus grandes, quand les tuyaux sont chauffés extérieurement, que dans le cas contraire, c'est-à-dire, de 2 à 3 mètres carrés pour chaque kilogramme de houille à brûler par heure ; l'air brûlé est alors suffisamment refroidi.

1428. Mais on peut profiter en grande partie du rayonnement des surfaces intérieures en plaçant dans les tuyaux, des corps qui s'échauffent par le seul rayonnement de celles qui reçoivent l'action directe du foyer, et qui transmettent ensuite en grande partie cette chaleur, par le contact, au courant d'air. Alors on peut prendre les coefficients de transmission qui conviennent aux cas précédents. Cette disposition des surfaces de chauffe est même très-économique, car ces surfaces pouvant avoir une forme quelconque et devant être simplement posées dans les tuyaux de manière seulement à ne pas obstruer le passage de l'air, on peut employer des rognures de tôle qui seraient sans usage ; il est cependant plus avantageux que les surfaces de chauffe additionnelles soient formées de lames de tôle ayant la longueur des tuyaux et contournées de manière à former un certain nombre de tuyaux partiels ayant à peu près la même section.

1429. Il est important de remarquer qu'il en est des surfaces de chauffe des calorifères, comme de celles des chaudières à vapeur ; les variations d'étendue de ces surfaces portant toujours sur celles qui sont à l'extrémité de l'appareil, et où l'air brûlé est le plus refroidi, n'occasionnent que de petits changements dans l'effet utile du combustible. Supposons, par exemple, un canal de 10 mètres de longueur, recevant à une de ses extrémités de l'air brûlé à 800°, et l'abandonnant à l'autre à 200°, l'air extérieur étant chauffé à 100°. En supposant que le refroidissement ait lieu uniformément, les excès moyens des températures des 10 mètres courants sur l'air extérieur seront

670; 610; 550; 490; 430; 370; 310; 250; 190; 130.

Et les effets produits par 1, 2, 3, 4, 10 mètres seront représentés par les nombres

670; 1280; 1830; 2320; 2750; 3120; 3430; 3680; 3870; 4000.

Et en retranchant le dernier, les deux derniers, les trois derniers, les quatre derniers, les cinq derniers mètres, les pertes d'effet utile comparées à l'effet total sont représentées par les fractions

$$\frac{130}{4000}; \frac{320}{4000}; \frac{570}{4000}; \frac{880}{4000}, \text{ et } \frac{1250}{4000};$$

ou par les nombres

0,032; 0,080; 0,142; 0,22 et 0,312.

Ainsi la suppression des trois dixièmes de la surface occasionnerait seulement une perte de 0,15. Il est facile de voir aussi qu'un accroissement même très-considérable dans l'étendue de la surface de chauffe ne produirait pas d'accroissement notable dans l'effet utile. Mais dans le plus grand nombre des calorifères, les effets produits par la même étendue de surface de chauffe, à mesure qu'elle s'éloigne du foyer, décroît suivant une loi encore plus rapide, parce qu'une grande partie de la chaleur rayonnée par le foyer est transmise par les surfaces qui l'environnent, et que la température moyenne de la fumée est moins élevée que nous ne l'avons supposée.

1430. *Des meilleures dispositions à donner aux surfaces de chauffe.* D'après ce que nous avons dit (1421, 1422), il est plus avantageux, sous le rapport de l'économie des surfaces de chauffe, de faire passer l'air brûlé dans l'intérieur des tuyaux qu'en dehors. La direction des canaux étant à peu près sans influence, cette direction ne pourra être déterminée que par des considérations particulières. Nous dirons seulement, qu'il ne faut pas placer un tuyau descendant immédiatement après le foyer, parce que le tirage au commencement ne pourrait s'établir qu'autant qu'on aurait échauffé la cheminée; et, qu'en général, il vaut mieux faire circuler l'air brûlé verticalement qu'hor-



zontalement, parce que, dans le premier cas, le tirage s'établit beaucoup mieux que dans le second.

1431. Des tuyaux aplatis seraient très-favorables au refroidissement de l'air brûlé, mais ils seraient plus difficiles à construire et à nettoyer que les tuyaux circulaires qu'on emploie ordinairement.

1432. Lorsqu'on environne un tuyau vertical, parcouru par de l'air chaud, d'un tuyau concentrique ouvert par les deux bouts (fig. 1^{re}, pl. 69), on diminue le refroidissement dû au rayonnement, et on augmente celui qui provient du contact de l'air, attendu que la vitesse du courant d'air qui longe le tuyau est beaucoup accélérée. On conçoit, d'après cela, qu'un tuyau enveloppant puisse augmenter la vitesse du refroidissement d'un tuyau, surtout quand celui-ci a un faible pouvoir rayonnant, et que le tuyau enveloppant, comme l'indique la figure, se prolonge au delà du tuyau enveloppé, parce que le rélargissement de la veine d'air augmente sa vitesse dans la section annulaire. Mais cette disposition ne produirait un accroissement de refroidissement, qu'autant que l'augmentation de vitesse de l'air compenserait, et au delà, la diminution du refroidissement par rayonnement.

1433. On pourrait aussi placer dans l'intérieur du tuyau à fumée un tuyau ouvert par les deux bouts (fig. 2); cette disposition serait plus efficace que la précédente. Dans la figure 3, le tuyau à air enveloppe un tube ascendant et descendant parcouru par la fumée.

1434. Il ne faut jamais présenter à l'air brûlé plusieurs tuyaux qu'il doive parcourir simultanément en montant, parce qu'il ne se répartit pas dans tous, à moins que la somme des sections des tubes ne soit très-petite, et encore dans ce cas il ne les parcourt pas tous avec la même vitesse. Il n'en est pas ainsi quand l'air brûlé descend, il se distribue uniformément dans tous. C'est un fait bien constaté par l'expérience, et dont il est d'ailleurs facile de se rendre compte. Considérons un canal vertical qui se bifurque à une certaine hauteur; si l'air chaud passe d'abord dans une des branches, le tirage augmentera dans cette branche, et par conséquent, si sa section est suffisante, l'air chaud ne passera pas dans l'autre; mais si l'air chaud, après avoir monté d'abord, descend dans un canal qui se bifurque, le tirage sera plus petit dans la branche où l'air chaud passera d'abord; par conséquent, le courant s'établira aussi dans l'autre. On voit facilement d'après cela l'explication des phénomènes que pré-

sentent de gros tuyaux parcourus par l'air chaud de bas en haut et de haut en bas.

1435. Si on voulait refroidir l'air brûlé dans un très-petit espace, en lui faisant parcourir un chemin très-court, on pourrait faire descendre la fumée, simultanément par un grand nombre de petits tuyaux, qui seraient nus, ou environnés d'une enveloppe commune ouverte par les deux bouts.

1436. On a proposé récemment la disposition représentée figure 5 (pl. 69). Elle consiste en des vases lenticulaires, dont le centre est occupé par un cercle de tôle d'un diamètre un peu plus petit. L'auteur pensait que la fumée suivrait exactement toutes les surfaces; mais il n'en serait ainsi qu'autant que la fumée descendrait; dans ce dernier cas seulement cette disposition serait bonne, dans le cas contraire elle produirait peu d'effet.

1437. La meilleure disposition qu'on puisse employer consiste à faire circuler l'air brûlé dans un tuyau de fonte (fig. 6), dont la surface soit garnie de nervures nombreuses et rapprochées, se prolongeant en dedans et en dehors, et placées alternativement dans des plans différents; ce tuyau étant enveloppé d'un autre d'un plus grand diamètre, ouvert par les deux bouts et d'une suffisante hauteur, le refroidissement de l'air brûlé s'effectuerait très-rapidement. La figure 7 (pl. 69) représente une disposition analogue pour des tubes carrés.

1438. *Tuyaux d'écoulement de l'air brûlé dans la cheminée.* Le diamètre de ces tuyaux pourrait se calculer comme ceux des cheminées des fourneaux; mais il vaut mieux s'en tenir aux dimensions ordinaires, qui varient de 10 à 20 centimètres, suivant la quantité de combustible qui doit être brûlé. Ces dimensions sont très-grandes; mais elles sont nécessaires quand les tuyaux servent de surfaces de chauffe; et surtout quand on brûle de la houille, parce qu'alors des tuyaux d'un plus petit diamètre s'obstrueraient trop vite par la suie; d'ailleurs, comme ces tuyaux sont toujours garnis d'un registre, il est facile de modérer à volonté le tirage.

1439. Les tuyaux qui conduisent l'air brûlé à la cheminée peuvent avoir une direction quelconque; il n'y a aucun inconvénient à les faire descendre et remonter, car les changements de direction n'ont pas d'influence sensible sur le tirage.

1440. Les poêles permettent d'utiliser la totalité, ou du moins une



très-grande partie de la chaleur développée par le combustible; il suffit pour cela de produire d'abord le tirage, alors on peut refroidir complètement la fumée par des surfaces de chauffe suffisante, et sur lesquelles, au moins à la fin du trajet, l'air se meurt en sens contraire de l'air brûlé; la cheminée ne sert plus qu'à évacuer l'air brûlé et devient presque sans influence sur le tirage. Pour remplir cette condition, il suffit que le tuyau s'élève d'abord verticalement à une certaine hauteur, 2 mètres par exemple, en supposant que la fumée y soit à une température assez élevée, et qu'il descende ensuite ou chemine horizontalement; le tirage sera d'autant plus grand dans le premier cas, que le refroidissement de la fumée sera plus complet.

1441. *Des foyers.* Les foyers des poêles chauffés avec le bois n'ont ordinairement point de grilles; c'est une circonstance désavantageuse, parce que beaucoup d'air échappe à la combustion, et diminue la température de la fumée. Cela n'arrive pas lorsque le bois est supporté par une grille, parce que l'air est obligé de traverser le combustible qui la recouvre, et il est même plus épuisé d'oxygène à la fin de la combustion qu'au commencement, parce qu'alors la grille est couverte de braise. A la vérité, par cette disposition, la combustion est plus vive, mais on peut toujours la régler au moyen d'une clef qui se trouve dans le tuyau à fumée. Lorsque les poêles sont chauffés avec de la houille ou du coke, les foyers sont toujours garnis d'une grille, parce que ces matières ne brûleraient pas sans cela.

1442. *Choix du combustible.* Tous les combustibles peuvent être employés pour chauffer les poêles, parce que ces appareils sont peu sujets à fumer. Le choix dépend donc uniquement de leur prix. Le tableau (262) fera facilement connaître ceux qui sont les plus avantageux. Cependant, pour les poêles métalliques, les combustibles qui brûlent lentement sont préférables à ceux qui brûlent rapidement; et c'est le contraire pour les poêles en terre cuite.

1443. Il est évident, d'après ce qui précède, que tous les poêles dont les foyers sont construits de manière à ne laisser échapper que peu d'air non altéré par la combustion, peuvent donner les mêmes résultats, c'est-à-dire avec la même quantité de combustible, échauffer la même quantité d'air, lorsque les surfaces de chauffe ont une étendue suffisante; parce qu'alors la perte de chaleur est uniquement mesurée par la tem-

pérature de l'air à son entrée dans la cheminée, et qu'on est toujours maître, quelle que soit la construction du poêle, d'abaisser cette température, en allongeant les tuyaux à fumée. Cependant les poêles dans lesquels le tirage a lieu pendant le chauffage, c'est-à-dire dans lesquels la fumée s'élève d'abord verticalement à une certaine hauteur, sont les seuls dans lesquels, avec un développement suffisant de surface de chauffe, on puisse complètement refroidir la fumée. Dans tous les autres on peut abaisser la fumée à peu près à 100°, et réduire la perte à moins de 0,1.

Après ces considérations générales, nous allons examiner les poêles qui sont le plus fréquemment employés, et ceux qui pourraient l'être avec avantage.

1444. *Poêles simples sans circulation intérieure, et sans tuyaux de circulation.* Ces poêles sont ceux qu'on emploie le plus fréquemment; ils sont construits en fonte ou en tôle, et ce n'est guère que dans les villes qu'ils sont en faïence. Dans ces appareils le corps du poêle ne renferme que le foyer, et rarement la surface de chauffe est suffisante pour absorber une partie considérable de la chaleur du foyer ou de la fumée, surtout dans ceux de faïence, parce que cette matière n'étant employée que pour obtenir une chaleur modérée, et pour éviter les inconvénients du chauffage avec la tôle et la fonte dont nous avons parlé, on cherche souvent à diminuer autant que possible les tuyaux extérieurs à fumée. Aussi, ces derniers consomment beaucoup de combustible et chauffent peu, parce que la fumée est abandonnée à une trop haute température. Mais comme dans tous ces poêles, le tirage a lieu dans la partie du tuyau à fumée qui s'élève verticalement, la fumée pourrait être complètement refroidie si on prolongeait suffisamment le tuyau horizontal qui vient après, ou si on faisait descendre la fumée dans un des appareils décrits précédemment : ces poêles utiliseraient alors la totalité de la chaleur développée.

1445. *Poêles en terre cuite et à circulation intérieure.* Ces poêles sont principalement employés dans le Nord, en Suède, et surtout en Russie. Dans ce dernier pays, les poêles ont de très-grandes dimensions, et se construisent en même temps que les maisons. Ce sont des masses rectangulaires allongées verticalement, construites en briques, percées de canaux verticaux, que l'air brûlé parcourt plusieurs fois de bas en haut et de haut en bas. Ces poêles ont ordinairement de 2 à 3 mètres de hauteur, et 1^m,25 de section. Le foyer est à la partie inférieure, et sa capacité est



de $0^{\text{m. c.}},0$ à $0^{\text{m. c.}},10$. Ces poêles ne restent allumés qu'une ou deux heures le matin; on y brûle de 40 à 50 décim. cubes de bois de bouleau; lorsqu'il ne reste plus dans le foyer que de la braise sans flamme, on ferme le foyer et le registre de la cheminée. Ces masses échauffées se refroidissent lentement et maintiennent une température douce dans les pièces pendant 24 heures.

1446. En Suède, on emploie des appareils analogues, mais dont les dimensions sont beaucoup plus petites. Les figures de 8 à 15 (pl. 69) représentent un de ces appareils. La figure 8 est une élévation; la figure 9, une coupe suivant CD (fig. 14); la figure 10, une coupe suivant FF (fig. 15); la figure 11, une coupe suivant GH (fig. 13). Les figures 12, 13, 14 et 15 sont des coupes horizontales suivant les plans *ik*, *lm*, *np* et *qr*. Le foyer est en *a*, l'air brûlé s'élève dans le tuyau *b*, il descend par le tuyau *c*, tourne autour du foyer dans le tuyau *d*, et remonte dans le tuyau *e* qui communique à la cheminée.

1447. Les figures de 16 à 24 (pl. 69) appartiennent à un appareil du même genre, mais un peu plus compliqué. La figure 16 est une coupe verticale suivant IK (fig. 19); la figure 17, une coupe verticale suivant LM (fig. 20); la figure 18, une coupe verticale suivant PQ (fig. 21). Les figures 19, 20 et 21 sont des coupes horizontales faites suivant les plans GH, CD et AB (fig. 16). Les figures 22, 23 et 24 représentent les détails du registre. Les circulations centrales, représentées dans la figure 17, sont destinées à chauffer de l'air qui entre dans le poêle par la partie inférieure. Le foyer est en *a*, l'air brûlé parcourt simultanément les deux séries de canaux *b,c,d*, qui se trouvent de chaque côté des canaux à air, alors les deux courants se réunissent en un seul qui communique à la cheminée.

1448. Dans tous ces appareils les circulations ont toujours lieu dans des canaux verticaux et non horizontaux, parce qu'on a trouvé par expérience que le tirage est plus grand dans la première disposition que dans la seconde. L'explication en est d'ailleurs facile. Au commencement du chauffage, lorsque les briques sont froides, le courant d'air brûlé se refroidit peu, du moins dans sa partie centrale, lorsqu'il s'élève d'abord, tandis qu'il n'en est point ainsi quand il marche dans des canaux horizontaux. C'est d'ailleurs ce que j'ai constaté dans des poêles dont les figures 25, 26, 27 et 28 sont des coupes verticales et

horizontales; le premier fumait toujours quand on l'allumait, et dans le second le tirage était très-bon dès les premiers instants.

1449. *Poêles en briques et en fonte, à bouches de chaleur.* Ces poêles sont très-répandus en France; ils sont principalement employés dans les salles à manger. Ils ont été modifiés de mille manières; nous nous contenterons d'en décrire quelques-uns qu'on peut considérer comme types.

1450. *Poêle de Felner.* Figures 29 à 36 (pl. 69). Figure 29, élévation; figure 30, coupe verticale suivant AB (fig. 33); figure 31, coupe verticale suivant CD (fig. 34); figure 32, coupe verticale suivant FF (fig. 35). Les figures 33, 34, 35 et 36, sont des coupes horizontales par les plans GH, IK (fig. 30); LM, NO (fig. 32). Le foyer est en fonte, sa porte est dans une pièce voisine. L'air brûlé s'élève dans une série de canaux horizontaux pour gagner le tuyau qui doit le conduire à la cheminée, et qui est placé à la partie supérieure. L'air de la pièce s'introduit dans le poêle par les orifices *a,a*, s'échauffe contre les parois du foyer, et sort par les bouches de chaleur *b,b*. Dans cet appareil les bouches de chaleur sont trop petites, et placées à une trop petite hauteur; elles doivent produire très-peu d'effet. Du reste ce poêle se comporte à peu près comme ceux que nous avons décrits précédemment. L'inconvénient des circulations horizontales est faible dans cette disposition, attendu que la partie horizontale des circuits est courte, et que la porte du poêle est dans une antichambre dont on pourrait ouvrir la porte ou la fenêtre, quand on allume le feu, si le tirage n'était pas suffisant.

1451. Les figures 37, 38, 39 et 40 (pl. 69) représentent une autre disposition au moyen de laquelle on peut établir un chauffage et une ventilation régulière, et qui est bien préférable à celle que nous venons de décrire. La figure 37 est une coupe verticale suivant la ligne AB (fig. 39); la figure 38, une coupe suivant CD (fig. 40); et les figures 39 et 40, des coupes horizontales suivant les lignes EF et GH (fig. 38). Le foyer est en fonte, et s'ouvre dans une pièce voisine; l'air brûlé s'élève dans un canal central en fonte, descend et remonte successivement dans quatre tuyaux de fonte, dont le dernier communique à la cheminée; chacun de ces quatre tuyaux est logé dans une caisse en maçonnerie, ouverte par les deux bouts. L'air extérieur qui arrive par un canal placé au-dessous du sol, s'élève simultanément dans les quatre caisses qui



entourent les tuyaux de fonte. Si un orifice convenable était ménagé dans une fenêtre de la pièce, on obtiendrait une ventilation régulière; si seulement les portes et les fenêtres n'étaient pas parfaitement ajustées, la pression qui résulterait de la colonne d'air chaud suffirait pour produire une ventilation, comme celle qui résulte des cheminées ordinaires; mais cette ventilation aurait lieu en sens contraire par un excès de pression dans la pièce, et par de l'air chaud; mais elle ne serait évidemment suffisante qu'autant que la colonne d'air chaud aurait une hauteur assez considérable, 2 à 3 mètres par exemple.

1452. On voit, figure 41, le plan d'une disposition analogue à celle que nous venons de décrire, mais l'enveloppe est rectangulaire. L'air brûlé s'élève au-dessus du foyer, descend et remonte successivement dans les canaux verticaux *a, b, c, d, e*, qui renferment des tuyaux de fonte ouverts par les deux bouts, communiquant par la partie inférieure avec un caniveau s'ouvrant à l'intérieur. Dans la figure 42, le foyer est au milieu du fourneau. Dans la figure 43 on a supprimé les tuyaux métalliques; l'air s'échauffe dans les intervalles *m, n*.

1453. Les figures 44, 45, 46 et 47, représentent un poêle d'hôpital. La première est une élévation latérale; la seconde, une élévation par le bout; la troisième, une coupe longitudinale; la dernière, une coupe transversale. Les jours A et B renferment des bains de sable qui servent à maintenir les médicaments à la température convenable.

1454. Les figures 1 et 2 (pl. 70) appartiennent à un poêle d'hôpital, disposé de la même manière que celui que nous venons de décrire, mais plus élégant.

1455. Les figures 3 et 4 (pl. 70) sont des coupes verticales d'un autre poêle d'hôpital, mais avec des bouches de chaleur, et avec écoulement de l'air brûlé au-dessous du sol. Les flèches indiquent le chemin que suit la fumée. A, est un caniveau qui fournit de l'air extérieur à quatre tuyaux de fonte qui alimentent quatre bouches de chaleur.

1456. Les figures de 5 à 12 représentent un poêle ordinaire de salle à manger. La figure 5 est une élévation; la figure 6, une coupe verticale suivant AB (fig. 10); la figure 7, une coupe verticale suivant la ligne CD (fig. 12); la figure 8, une coupe suivant la ligne EF (fig. 12); enfin, les figures 9, 10, 11 et 12, sont des coupes horizontales suivant les lignes NP, LM, IK et GH. Le foyer est environné de six tuyaux de fonte qui

prennent l'air de la pièce au-dessous du poêle, et le conduisent dans un réservoir placé à la partie supérieure, et de là aux deux bouches de chaleur. Les figures expliquent suffisamment toutes les dispositions de détail.

1457. Les figures 13 à 22 (pl. 70) sont relatives à un poêle dans lequel les tuyaux de fonte sont plus nombreux, et où l'écoulement de la fumée a lieu au-dessous du sol dans un tuyau qui enveloppe celui qui amène l'air froid. La figure 14 est une élévation; la figure 13, une coupe par un plan vertical dirigé suivant GH (fig. 16); la figure 15, une coupe également verticale par la ligne IK (fig. 18); les figures 16, 17 et 18 sont des coupes horizontales suivant les lignes AB, CD, EF (fig. 14); la figure 19 est une coupe verticale suivant YZ (fig. 18); la fig. 20, une coupe verticale suivant VX (fig. 18); la figure 21, une coupe verticale suivant MN (fig. 22); et la figure 22, une coupe suivant PQ (fig. 21). L'inspection seule des figures suffit pour faire comprendre la marche de l'air brûlé et celle de l'air chaud.

1458. Les figures 1, 2, 3 et 4 (pl. 71) représentent une disposition analogue, mais beaucoup plus simple. La figure 1 est une élévation; la figure 2 est une coupe verticale suivant la ligne EF (fig. 4); les figures 3 et 4 sont des coupes horizontales suivant les lignes AB et CD.

1459. Dans presque tous ces poêles la fumée est abandonnée à une trop haute température, et il y a beaucoup de chaleur perdue; on pourrait remédier à cet inconvénient, en faisant les chauffes à de plus grands intervalles, ou en augmentant le volume des poêles et les circuits de la fumée; ou en refroidissant l'air brûlé au sortir du poêle par les différents moyens que nous avons indiqués.

1460. *Poêles métalliques à circulations de l'air brûlé.* Ces appareils sont très-multipliés dans le Nord et en Allemagne. Souvent la circulation de l'air brûlé n'a lieu qu'à la sortie du poêle et dans des tuyaux d'un trop petit développement; souvent aussi ces appareils sont disposés de manière à renfermer des étuves, et même tout ce qui est nécessaire pour cuire les aliments. Ces derniers surtout ont été modifiés de mille manières. Nous nous bornerons à donner les dispositions d'un de ces appareils.

1461. Les figures 5 à 12 représentent deux élévations et différentes coupes d'un poêle en tôle destiné au chauffage et à la cuisson des ali-



ments. Une étuve est placée immédiatement au-dessus du foyer. L'air brûlé s'élève d'abord verticalement en parcourant les différentes faces de cette étuve; il monte ensuite dans un tuyau vertical, descend, passe sous le foyer, et s'élève dans un autre tuyau vertical, qui le conduit à la cheminée. Figure 5, élévation par-devant; figure 6, coupe verticale suivant AB (fig. 9); figure 7, coupe verticale suivant CD (fig. 9); figure 8, élévation par-derrière; figure 9, coupe suivant EF (fig. 6); figure 10, coupe suivant GH (fig. 6); figure 11, partie supérieure de la caisse qui renferme l'étuve et le foyer; figure 12, projection horizontale de l'appareil.

1462. Dans les poêles que nous venons de décrire, le tirage pendant les premiers instants, avant que l'air brûlé soit arrivé à la cheminée, provient uniquement de la différence des températures de la colonne d'air chaud qui sort immédiatement du foyer, et de la colonne descendante qui gagne le canal placé au-dessous du sol; ou quand l'air brûlé, et c'est ce qui arrive le plus souvent, monte et descend plusieurs fois avant de sortir du poêle, de la différence des températures des colonnes ascendantes et descendantes, comme nous l'avons expliqué (327). Le tirage n'a lieu alors qu'à la condition que le canal horizontal ne soit pas trop bas, autrement il faudrait établir un appel dans la cheminée en y brûlant quelques feuilles de papier; le tirage se maintiendrait aussitôt que la fumée du poêle aurait pénétré dans la cheminée.

1463. Les figures 13, 14, 15 et 16, représentent un poêle construit par M. Ducel de Lyon. Le constructeur s'est proposé d'empêcher la fonte du foyer de rougir, en obligeant l'air qui s'échauffe à passer très-près de sa surface. C'est une imitation des calorifères anglais dont nous parlerons bientôt. L'appareil se compose essentiellement d'un foyer en fonte, fermé latéralement par quatre plans verticaux, et surmonté d'un demi-cylindre. Ce foyer est enveloppé d'une caisse semblable, garnie d'un grand nombre de cylindres ouverts par les deux bouts, dont l'orifice inférieur s'approche très-près de la surface extérieure de l'enveloppe du foyer. L'air, qui doit être échauffé, arrive entre les deux enveloppes et ne peut s'échapper que par les cylindres, et par conséquent en touchant la surface de fonte fortement échauffée par le rayonnement du foyer. La figure 13 est une élévation de l'appareil; la figure 14, une coupe verticale suivant AB (fig. 15); la figure 15, une coupe suivant CD (fig. 13). La figure 16

est le plan du dessus. *a* est un canal qui règne sur trois faces de la caisse du foyer, et qui reçoit par des tuyaux, l'air brûlé qui s'échappe par les orifices *b, b*. L'air brûlé se rend à la cheminée par le tuyau *c*, qui est enveloppé par le canal qui conduit l'air chaud. L'air extérieur arrive par un canal *d* entre les deux enveloppes en fonte d'où il sort par les tuyaux *e*. Cet appareil est trop compliqué.

1464. *Poêle à flamme renversée*. Les figures 17, 18, 19 et 20 (pl. 71) représentent un poêle à flamme renversée dont le conduit à fumée chemine dans le sol. L'appareil se compose d'un tronc de cône vertical, interrompu à une certaine hauteur par une grille; il est fermé supérieurement par un couvercle mobile à jour; c'est par l'orifice supérieur qu'on introduit le combustible, et c'est par les jours du couvercle que pénètre l'air nécessaire à la combustion. Ce tuyau est environné de deux cylindres concentriques, dont l'intervalle est garni d'un grand nombre de cloisons, de manière à former des canaux verticaux communiquant entre eux alternativement par le haut et par le bas. La partie inférieure du cône, qui renferme le foyer, communique avec l'origine de ces canaux; l'air brûlé, après les avoir parcourus, s'engage dans un tuyau placé dans le sol, qui le conduit à la cheminée. L'air s'échauffe par le rayonnement et par le contact de la surface extérieure de la double enveloppe, dont nous venons de parler, et par son contact avec sa surface intérieure et avec l'enveloppe du foyer. La figure 17 (pl. 71) est une élévation de l'appareil; la figure 18, une coupe verticale par la ligne *zz'* (fig. 19); la figure 19, une coupe suivant *xx'* (fig. 18); la figure 20, une coupe suivant *yy'* (fig. 18). *F* est le foyer alimenté par l'air qui passe à travers les orifices du couvercle *G*. L'air brûlé pénètre par le canal *a* dans les canaux verticaux, établis dans les deux enveloppes concentriques *HIKL* et *hikl*, et finit par entrer dans le canal *b*, qui le conduit à la cheminée; l'air de la pièce s'introduit dans le poêle par les orifices *c, c, c*, et en sort chaud par les orifices supérieurs *d, d*. Cette disposition a l'avantage de brûler la fumée; mais les grilles et le tuyau qui forment le foyer s'altèrent très-rapidement. Ces sortes d'appareils exigent nécessairement qu'on produise un appel dans la cheminée avant de les allumer.

1465. *Poêle à eau chaude*. Pour éviter l'inconvénient qui résulte des surfaces métalliques trop fortement échauffées, on pourrait employer des appareils formés d'un vase plein d'eau, chauffé intérieurement par



un foyer et des conduits à fumée d'une suffisante étendue. Il ne se formerait point de vapeur, si la surface extérieure et la section du tuyau à fumée avaient été calculées de manière que la perte de chaleur par l'enveloppe, lorsque la température de l'eau serait de 100°, fût égale à la chaleur produite par la combustion du plus grand poids de combustible qu'on pourrait brûler dans le même temps. Il serait bon, d'ailleurs, de placer sur le poêle un petit tuyau qui porterait à l'extérieur ou dans le tuyau à fumée la vapeur qui pourrait se produire. On devrait aussi avoir un registre qui permît de fermer la cheminée quand l'eau serait arrivée à l'ébullition. Ces appareils auraient en outre l'avantage de conserver la chaleur pendant longtemps. Ils seraient très-utiles dans les grandes salles d'hôpitaux, surtout pour le chauffage pendant la nuit, d'autant plus qu'ils pourraient être disposés de manière à contenir des bains de sable, dans lesquels on placerait les vases renfermant les tisanes et les médicaments; mais ils devraient être construits avec beaucoup de soin et être parfaitement étanches. Les figures 21, 22 et 23 représentent un poêle à eau chaude, disposé de la manière la plus simple. La figure 21 est une élévation latérale; la figure 22, une élévation par un des bouts; la figure 23, une coupe verticale dans le sens de la longueur. Les tuyaux à fumée traversent les parois, et ils sont fermés par des tampons mobiles qui permettent de les nettoyer facilement.

1466. *Poêles à double enveloppe.* La figure 1 (pl. 72) représente une coupe du poêle de M. Chevalier, auquel ce constructeur a donné le nom de calorifère portatif. AAAA, cloche en fonte qui forme le foyer. B, grille sur laquelle on place le combustible. CC, pièce de fonte qui oblige la fumée à passer contre la paroi de la cloche pour se rendre dans le tuyau M, qui la conduit dans la cheminée. D'autres pièces plus compliquées peuvent être substituées à celle-là; mais elles exigent des circonstances plus favorables au tirage. C'C', pièce de fonte qui recouvre la pièce C. D,D, bouches de chaleur. E, bain de sable. F, calotte percée d'un grand nombre d'orifices par lesquels se dégage l'air chaud. G, porte du foyer: elle glisse dans deux coulisses verticales, et se trouve maintenue en équilibre dans toutes les positions par un contre-poids mobile I. K, enveloppe extérieure en tôle ou en cuivre. K', orifice par lequel l'air extérieur s'introduit entre les cylindres de tôle et de fonte. L, bouchon servant à fermer le tuyau à fumée quand on transporte le poêle d'une chambre dans une

autre. M, tuyau par lequel se dégage l'air brûlé quand on l'engage dans une cheminée ouverte; il se termine par une branche verticale de 0,50 à 0,60 de hauteur. L'orifice K', destiné à introduire l'air de la pièce dans le poêle, ainsi que la douille qui le garnit, ne servent qu'à gêner les mouvements de l'air et à diminuer le volume de celui qui traverse le poêle; il serait plus convenable que l'air pût s'introduire librement par tout l'intervalle qui sépare les deux enveloppes concentriques.

Il résulte des expériences faites par une commission de la Société d'encouragement, 1° que cet appareil fonctionne bien; 2° que transporté dans différentes pièces grandes et petites, le tirage s'est toujours bien établi; 3° qu'alimenté par le bois, le registre complètement ouvert, la partie supérieure débarrassée du bain de sable, et le cylindre enveloppant allongé de 0,50, l'air brûlé se dégageait à 105°. Or, comme la température à laquelle se trouverait l'air brûlé par la combustion du bois, serait de 900 degrés environ, si toute la chaleur développée était employée à le chauffer, il en résulte que dans cet appareil la perte de chaleur excédait peu $\frac{1}{9}$. Mais comme les conditions dans lesquelles ces expériences ont été faites, ne sont pas celles dans lesquelles ces appareils fonctionnent ordinairement, on se tromperait beaucoup si on comptait sur un résultat aussi avantageux. D'après la disposition de l'appareil, l'air chaud ne sort que par quatre ouvertures latérales d'un petit diamètre, et, par conséquent, en petit volume et à une température très-élevée, circonstances qui diminuent beaucoup l'effet utile.

Quand cet appareil est modifié, ainsi que nous l'avons dit, que le bain de sable est enlevé, et que le cylindre extérieur est allongé de 0^m,50, l'effet utile de la surface de chauffe est environ trois fois plus grand que dans les calorifères ordinaires, parce que la veine d'air qui passe entre les deux cylindres, s'épanouit au delà du cylindre de fonte, et qu'alors, comme nous l'avons dit (353), la vitesse dans la veine rétrécie devient très-grande. Des expériences directes ont constaté que cette vitesse est quatre ou cinq fois plus grande que la vitesse due à la hauteur. Dans la disposition ordinaire de l'appareil, à cause des petites dimensions des bouches de chaleur, la surface de chauffe ne produit pas plus d'effet que dans les autres poêles de même genre.

M. Chevalier destinait ses appareils à être transportés facilement d'une pièce dans une autre, sans autre précaution que d'enlever le tuyau à fumée



qui s'élève dans la cheminée, de fermer par le bouchon L l'orifice du poêle dans lequel il s'engage, et de remettre le tuyau en l'introduisant dans la cheminée quand le poêle est en place. Mais le tirage s'établirait beaucoup mieux, et on obtiendrait une ventilation que l'on pourrait régler à volonté, si on fermait la devanture de la cheminée, par une plaque métallique, à travers laquelle passerait le tuyau à fumée, et qui serait pourvue d'un ou deux orifices qu'on fermerait plus ou moins.

1467. La figure 2 représente un autre poêle de M. Chevalier, dont la forme extérieure est la même, mais qui est disposé d'une autre manière. A, A, est un foyer à bois; B, un petit foyer à coke, traversé par l'air qui a servi à la première combustion. C est un bouchon creux, rempli de terre, qui ferme un orifice par lequel on introduit le coke dans le foyer B. La fumée passe ensuite dans trois canaux concentriques D, D', D'', et enfin dans le tuyau E qui la conduit à la cheminée. Une partie de l'air brûlé qui sort du foyer A, s'introduit directement dans le tuyau E. Le foyer additionnel est utile en absorbant une grande partie de l'oxygène qui a échappé au premier foyer, mais dans les cas seulement où la porte du foyer reste très-élevée, et donne accès à un volume d'air beaucoup plus considérable que celui qu'exige la combustion, c'est-à-dire dans le cas où le foyer reste à découvert comme dans les cheminées; dans le cas contraire, il se formerait de l'oxyde de carbone qui occasionnerait une grande perte de chaleur. Quant à la surface de chauffe, elle est fort mal disposée, puisqu'il n'y a que la dernière enveloppe qui soit en contact avec l'air.

1468. Si la porte du foyer devait rester constamment ouverte, l'appareil, figure 3, serait beaucoup plus convenable. L'alimentation du foyer à coke se fait au moyen d'une boîte dont le fond est percé de larges ouvertures, et sur lequel est placé une plaque semblable, mobile à l'aide d'un bouton extérieur. Le canal à fumée D, D' étant complètement exposé à l'air, toute sa surface est utilisée. Enfin, l'air échauffé s'échappe par une large ouverture F, qui règne tout autour du poêle, et qui est garnie d'une toile métallique à mailles très-larges.

1469. En supprimant le foyer à coke et la boîte d'alimentation, cette disposition serait plus simple et plus avantageuse que celle qui est représentée figure 1^{re}. On pourrait même augmenter beaucoup l'étendue de la surface de chauffe en faisant circuler la fumée dans deux enveloppes

annulaires (fig. 4 et 5) avant qu'elle se rendît dans le tuyau à fumée.

1470. Les figures 6 et 7 représentent un poêle dont la disposition est plus avantageuse encore, parce que les surfaces de chauffe étant parcourues par l'air brûlé de haut en bas, cet air s'y distribue uniformément pour venir gagner le tuyau à fumée qui se trouve à la partie inférieure. Nous avons supposé que ce poêle était destiné à brûler des houilles sèches, et c'est pour cela que le foyer est entouré d'une enveloppe en terre cuite. Les flèches indiquent la circulation de la fumée et le mouvement de l'air dans les intervalles annulaires qu'il parcourt en s'échauffant.

1471. On voit dans les figures 8 et 9 un poêle dans lequel le chauffage de l'air s'effectue par des surfaces disposées de la même manière. Mais le foyer est à flamme renversée, ce qui nécessite un mode de circulation de l'air brûlé différent du précédent, car la fumée en montant dans l'enveloppe annulaire pour gagner la cheminée, ne s'y répartirait pas également. Des cloisons verticales *d, d* sont disposées de manière à forcer la fumée à monter dans l'un des compartiments pour descendre dans le suivant jusqu'au dernier, par lequel elle se rend dans la cheminée. L'alimentation du foyer se fait par la partie supérieure, et le combustible tombe dans un foyer cylindrique *aa* en fonte, qui peut s'enlever par la partie supérieure de l'appareil, quand on veut ôter les cendres qui se réunissent dans l'espace *e* placé sous la grille.

1472. Les figures 10, 11 et 12 représentent un autre poêle, construit sur le même principe que celui que nous avons décrit, figures 6 et 7, mais dont la forme rectangulaire en rend le placement plus facile dans certaines pièces, telles que les salles à manger, etc. Le feu se fait sur une grille *A* dans une caisse en fonte *aa*, placée elle-même dans une seconde *B*, afin que le rayonnement du combustible ne fasse pas rougir les surfaces de chauffe. La fumée monte d'abord, pour descendre ensuite simultanément par deux tuyaux carrés *C, C*, en tôle, qui se réunissent inférieurement au moyen d'un tuyau *cc* qui la conduit à la cheminée par le tuyau *d*. Un tablier *t* à contre-poids, quand il est levé, laisse jouir de la vue du combustible en ignition, et rend l'appareil semblable aux poêles ordinaires quand il est abaissé. L'air nécessaire à la combustion entre alors par les ouvertures *o, o* pour venir sous la grille en passant au-dessus des cendres accumulées dans le tiroir *h*. Des tampons *x, x* rendent le nettoyage facile quand on enlève le marbre qui recouvre l'appareil. On voit



par la disposition de ce système de chauffage, qu'il serait d'un service très-commode dans des pièces dépourvues de cheminées, et qu'il remplacerait avantageusement ces dernières. En supprimant la grille A et la caisse en fonte *aa*, qui ne sont nécessaires que pour la combustion de la houille, ou du coke, et en plaçant des chenets dans la caisse B, on pourrait y brûler du bois.

1473. Les figures 13 et 14 représentent une coupe verticale et une coupe horizontale d'un poêle dans lequel la transmission de la chaleur a lieu par des plaques de fonte verticales, d'une petite hauteur, qui se prolongent dans le foyer et dans l'espace annulaire qui l'entourne, et où l'air doit s'échauffer; l'air brûlé parvenu au sommet du cylindre qui surmonte le foyer, descend par quatre tubes qui communiquent par leur partie inférieure avec le tuyau qui conduit la fumée dans la cheminée. Cette disposition n'a point encore été employée; mais, sans aucun doute, elle serait la plus convenable pour renfermer une grande surface de chauffe dans un très-petit espace.

1474. Dans les figures 15 et 16, j'ai donné une idée du poêle construit par M. Laury. La première est une coupe verticale; la seconde, une coupe horizontale suivant MN. L'air brûlé circule dans une série d'enveloppes dont la dernière est seule en contact avec l'air; au centre se trouve un bain de sable. Un registre *a* permet de faire arriver directement la fumée à la cheminée quand on allume le feu. Ce poêle est très-complicé, et cette complication est sans aucune utilité; les bouches de chaleur sont d'ailleurs beaucoup trop petites.

1475. En 1841, M. Lecoq a construit un grand nombre de prétendus calorifères économiques, disposés comme l'indiquent les figures 17 et 18. La première est une vue de l'appareil; la seconde, une coupe horizontale au-dessus du socle. E est un foyer à coke en fonte, environné de briques. L'air brûlé circule dans une enveloppe annulaire A, avant d'arriver à la cheminée D; au centre s'élève l'air extérieur appelé par un très-petit tuyau *a*, et il s'échappe par un autre tuyau très-petit G. Cet appareil est certainement le plus mauvais qu'on ait jamais construit, car il satisfait complètement à cette condition, de chauffer un très-petit volume d'air à une température très-élevée, par son contact avec une surface métallique incandescente, ce qui est exactement l'opposé de l'effet qu'un bon calorifère doit produire. M. Lecoq a cependant vendu et vend encore

un grand nombre de ces appareils, par l'appât d'une grande économie. Nous en avons vu jusque dans les écoles primaires, où ils ne produisaient certainement pas la millième partie de la ventilation nécessaire (1).

1476. C'est vraiment une chose déplorable de voir que, à un très-petit nombre d'exceptions près, les constructeurs d'appareils de chauffage connaissent si peu les principes les plus simples de leur métier; il semble que, pour les appareils dont il est ici question, les constructeurs ne cherchent qu'à faire une disposition intérieure différente de celles qui ont été employées, bonne ou mauvaise peu importe, et à donner aux appareils une forme extérieure élégante; tous d'ailleurs n'estiment la bonté d'un poêle que par la vitesse et la haute température des jets d'air chaud qui sortent des bouches de chaleur.

1477. Les appareils dont il est question peuvent être modifiés de mille manières; mais ils doivent être disposés de façon : 1° que les surfaces de chauffe aient une étendue suffisante et soient toutes en contact avec l'air qui doit être échauffé; 2° que les orifices d'accès et de sortie de l'air soient assez grands pour que l'air chaud ne s'échappe pas à plus de 30 ou 40°. Tout appareil qui remplira ces conditions produira un grand effet utile, et le grand volume d'air qui le traversera s'opposera à ce que les surfaces métalliques prennent une température assez élevée pour altérer l'air.

1478. Mais il est important de remarquer qu'un appareil qui, sous tous les rapports, serait disposé de la manière la plus avantageuse, ne conviendrait pas au chauffage d'une pièce qui serait occupée longtemps et par un grand nombre de personnes, parce qu'il ne produirait pas une ventilation suffisante. Nous reviendrons sur ces appareils en parlant du chauffage et de la ventilation des lieux habités.

1479. *Poêles américains à anthracite.* Ces appareils n'ont été connus en France que par la description qu'en a donnée M. M^r Chevalier

(1) On trouve, dans le prospectus de M. Lecocq, le passage suivant :et l'énorme économie de 90 pour cent qu'ils produisent, permet d'en payer l'achat en quelques semaines (cela est garanti); et plus loin : L'appareil consommant 75 centimes par jour, chauffe à 15 degrés une pièce de 150 mètres de surface sur 3 mètres de hauteur, égale à 3 francs dans tous les poêles. Le style du prospectus est en harmonie avec la disposition des appareils et la véracité des promesses.



dans le *Journal d'architecture*. Nous empruntons au mémoire de M. Chevalier les détails qui suivent :

1480. « Parmi les poêles où l'on brûle l'anthracite, et qu'on trouve aujourd'hui dans tous les bureaux et les magasins, ou dans les appartements d'habitation des familles moins aisées, on en distingue trois fonctionnant avec un plein succès. Le plus ancien est celui du docteur Nott. Plus récemment ont paru celui de M. Spoor, qui est plus simple, moins sujet à se déranger, moins dispendieux d'entretien, et celui de M. Olney, qui est plus simple encore, qui convient à de petits appartements, et où l'on peut consommer de l'anthracite plus menu, mais qui cependant n'est pas tout à fait aussi commode que celui de M. Spoor.

« Les conditions que se sont imposées les constructeurs de ces poêles, sont 1° d'obtenir un tirage serré, c'est-à-dire, tel que l'air arrive par petites quantités, mais avec une certaine force; 2° de promener l'air échauffé sur une assez grande surface métallique qui répand ensuite la chaleur par rayonnement; 3° de dégager facilement le foyer des cendres que produit la combustion, sans vider le poêle, ou sans qu'il soit envahi par une trop grande quantité d'air froid, dont l'injection subite aurait pour effet d'éteindre l'anthracite.

1481. « *Poêle de Nott*. Le poêle de Nott (fig. 1, pl. 73) a pour chauffe l'espace O, entouré de briques réfractaires sur trois de ses côtés. Sur le quatrième côté, à l'avant, il est bordé par un grillage *i* et par une plaque de fonte en plusieurs pièces, *g*. En haut cependant, sur ce même côté, la petite maçonnerie de briques existe comme autour des autres parois. Le fond de la chauffe est formé par une grille à la surface circulaire C, représentée en perspective figure 2. Le charbon et même la flamme, quand le poêle est chargé au maximum, restent en dessous du point *p'*. L'ouverture *r*, qui reste entre *p'* et la paroi du fond *dd*, est étroite. *r* communique par l'espace S avec la cheminée. La figure 3 montre en perspective la pièce de fonte qui garnit la grille à ses deux extrémités. Au-dessus du foyer est une chambre A qui s'emplit d'air chaud, et dont la paroi n'est pas revêtue de briques; elle envoie par rayonnement une grande quantité de chaleur. Cette chambre peut communiquer directement avec la cheminée par une ouverture que ferme ordinairement la soupape *t*, et qu'on ouvre dans le cas où il y a trop de chaleur. Le com-

combustible s'introduit par un orifice que recouvre une plaque *f* représentée à part en plan, figure 5.

« La pièce la plus importante du poêle est la grille C, représentée à part en perspective, figure 2. Elle se compose d'anneaux en fonte, fixés à un axe *a* carré par le bout. Les barreaux ou plutôt les anneaux de la grille sont rapprochés les uns des autres; ils ont 25 millimètres d'épaisseur et 1 centimètre de largeur (dimension par laquelle ils sont en contact avec le charbon). Ce sont des plaques de forme circulaire, au moins du côté du foyer. Sur la face opposée ils sont ouverts, figure 4. Pour laisser plus de place au combustible, on leur a donné plus récemment, en dessus, une forme plus aplatie que le cercle. Pour faire tomber la cendre, on saisit l'extrémité carrée de l'axe *a* de la grille avec une tige de fer, et on communique à la grille un léger mouvement de va-et-vient rotatoire autour de son axe. Ces oscillations suffisent pour faire tomber la cendre dans le cendrier B. Deux plaques de fonte *ee' ee'* vont du bas de la grille aux parois latérales du foyer, et achèvent ainsi la clôture de celui-ci. Le cendrier est un tiroir en tôle. On a soin de le tenir fermé à peu près complètement.

« C'est simplement pour rendre l'aspect du poêle plus agréable que, sur la paroi antérieure, on a substitué un grillage en fonte *i* au revêtement intérieur en briques qui règne sur le reste du pourtour. En avant de cette grille, la paroi extérieure du poêle figure une fenêtre *h* où les vitres sont remplacées par des plaques de mica. Il résulte de cette disposition qu'on jouit de la vue du feu. Le grillage *i* est mobile autour d'une charnière *i'*. En relevant ce grillage et en ouvrant la fenêtre *h*, on atteint, quand on le désire, l'intérieur du poêle par le devant.

« Il y a dans la cheminée, comme dans celle de tous les poêles, une valve *z* qu'on tourne avec une clef extérieure, ce qui permet de régler le tirage à volonté. Les briques dont on se sert pour tapisser la chauffe et le bas de la cheminée sont modelées avec soin. Dans quelques cas, la partie inférieure de la cheminée est revêtue intérieurement de briques; dans d'autres, la fonte *y* est à nu. Le renflement *mmm* n'existait pas dans les poêles les plus anciens.

« Ces poêles peuvent être ornés extérieurement. La figure 6 montre en perspective la forme qu'on leur donne le plus habituellement. Quelquefois on supprime la chambre SS qui précède la cheminée.



« Ces poêles coûtent cher. A la fin de 1835, les prix au détail variaient de 16 à 60 doll. (85 à 320 fr.). Au comptant, on faisait un escompte de 15 à 20 pour cent. Mais l'élévation des prix tient moins aux frais de fabrication, qu'à ce que l'inventeur, M. Nott, exploite son brevet.

« On les établit sur des dimensions variées. J'ai mesuré un poêle du prix de 50 doll. (266 fr.), qui servait à chauffer un très-vaste magasin. Il avait extérieurement $0^m,42$ de large sur ses deux côtés; $0^m,83$ depuis la plaque du fond $f'f'$ jusqu'à la plaque f . Le cendrier occupait une hauteur de $0^m,12$, et l'étage supérieur à la plaque l était haut de $0^m,25$. L'intérieur du foyer avait $0^m,30$ de large sur $0^m,20$. La distance de p' à f était de $0^m,40$. Il restait $0^m,20$ pour la hauteur comprise entre le point culminant de la grille et p' . Un poêle plus petit, du prix de 20 doll. (106 fr. 67 c.), avait extérieurement $0^m,32$ de large dans les deux sens, et $0^m,73$ de haut. La hauteur du compartiment supérieur était de $0^m,15$; la chauffe avait $0^m,19$ sur $0^m,19$. Un poêle de la plus petite dimension, valant 16 doll. (85 fr. 33 c.), avait extérieurement $0^m,28$ sur $0^m,28$; intérieurement $0^m,16$ sur $0^m,16$, et $0^m,57$ de hauteur. Dans la hauteur totale, nous ne comprenons ni l'avant-cheminée SS (fig. 6), ni les pieds qui supportent le poêle; nous entendons par là l'espace qui sépare la plaque f de la plaque $f'f'$.

« Voici l'instruction imprimée, que les entrepreneurs des poêles, à New-York, remettent aux acheteurs : « 1° Pour les poêles du moindre calibre, employez du charbon (anthracite), de la grosseur d'une noix. 2° Pour les poêles du calibre moyen, employez du charbon de la grosseur d'un œuf. 3° Pour les poêles de la plus grande dimension, servez-vous de charbon gros comme le poing. 4° Pour allumer le feu, jetez sur la grille quelques morceaux de charbon embrasé, par-dessus un peu de charbon de bois ou de bois sec; puis les plus gros fragments de votre anthracite, et recouvrez le tout d'anthracite menu. 5° Pour renouveler la charge, attendez que la charge précédente soit à peu près usée. 6° Avant de renouveler la charge, ayez toujours sous la main votre charbon (anthracite) et votre petite provision de bois sec ou de charbon de bois; grattez le foyer avec le ringard et remuez la grille, puis posez le bois ou le charbon de bois, et le charbon par-dessus. 7° Le cendrier doit être fermé. 8° Quand on allume le feu, il faut ouvrir entièrement la vanne z de la cheminée. Mais aussitôt que le feu est allumé et que le charbon de bois est consumé, il faut la tenir fermée en majeure partie. 9° Il ne faut

ouvrir la soupape *t* que pendant qu'on allume le feu, ou lorsqu'on a enlevé la plaque *f* pour rafraîchir le poêle et diminuer ainsi la chaleur de l'appartement par l'introduction d'une grande quantité d'air froid dans le tuyau de la cheminée. »

« En fait, au renouvellement de la charge, qui d'ailleurs n'a lieu qu'une fois par jour dans les magasins, après qu'on a allumé le feu le matin, on ne prend pas toutes les précautions indiquées dans cette instruction. On se contente de remuer la grille, quoique, à New-York, on se serve beaucoup de charbon du Lackawana, qui donne plus de cendres que les autres.

« On estime qu'un grand poêle du prix de 50 doll. consomme par hiver, c'est-à-dire du 15 novembre au 1^{er} mai, 2800 kilog. d'anthracite; un poêle moyen en absorbe 2000 kilog.; un petit poêle 1500 kilog.

« La grille, faite de cercles de fonte assez mince et exposée à une chaleur intense, s'use rapidement. Il en est de même de la plaque *g* (appelée par M. Nott *reciprocator*), qui est, au reste, partagée dans sa longueur en deux ou trois, suivant le calibre du poêle. Il faut, chaque hiver, renouveler une fois au moins la grille et la plaque *g*. La grille est une pièce assez chère.

« Les ustensiles qui accompagnent le poêle ne sont qu'au nombre de deux : 1° un ringard, qui n'est qu'une barre de fer aplatie à son extrémité; 2° une tige de fer, qui sert à remuer la grille en saisissant l'extrémité de l'axe *a* dans une ouverture de même dimension, et qui sert aussi à soulever la plaque au moyen d'un crochet.

« Pour diminuer le prix de ces poêles, on supprime souvent l'étage supérieur à la plaque *l*, en conservant toutefois la soupape *t*. La plaque *f* repose alors sur la plaque *l*.

1482. « *Poêle de M. Spoor*. Le poêle de M. Spoor est plus moderne que celui de M. Nott. Il est moins coûteux et il exige moins de réparations; il a d'ailleurs d'autres titres de supériorité.

« Le poêle Nott, par l'ouverture de chargement placée à son sommet, envoie quelquefois un peu d'odeur sulfureuse quand l'anthracite est pyriteux (et presque constamment il l'est plus ou moins), et plus fréquemment de la poussière. Celui-ci n'a aucune ouverture à sa partie supérieure. Le poêle Nott ne donne de chaleur qu'à une certaine hauteur au-



dessus du plancher; le poêle Spoor en répand suffisamment à fleur de terre.

« Les figures 7, 8, 9, 10 et 11 représentent la coupe horizontale à deux hauteurs différentes XX et YY , et la section verticale par trois plans AA , BB , $B'B'$. Le foyer est circulaire et revêtu de briques. Aux quatre coins du coffre carré en fonte qui contient ce foyer rond, sont quatre conduits carrés a, a, b, b , de $0^m,10$ de côté, formés par de minces cloisons en fonte et occupant toute la hauteur du poêle. L'air chaud et la fumée qui s'élèvent du foyer O entrent dans les deux conduits b, b , par le haut, descendent jusqu'au niveau du cendrier, passent dans les deux conduits a, a , par les canaux c, c , qui bordent le cendrier à droite et à gauche, et qui n'en sont séparés que par de très-minces cloisons en fonte; parvenus ainsi jusqu'à la plate-forme supérieure du poêle, l'air chaud et la fumée débouchent derrière la plaque ff dans la cheminée par ee . L'air échauffé ne parvient donc à la cheminée qu'après avoir parcouru un grand espace et léché une grande surface de fonte.

« La pièce essentielle dans ce poêle, comme dans celui du docteur Nott, est la grille. Elle est construite dans un système tout différent de celui qu'a imaginé M. Nott; elle est beaucoup moins sujette à se détériorer. C'est une grille ordinaire (fig. 12, 13 et 14), ronde comme la chauffe et formée de barreaux espacés de moins d'un centimètre, afin qu'on puisse y brûler du charbon menu. Elle est d'ailleurs massive, et c'est une cause de durée.

« Comme dans le poêle Nott, on fait tomber la cendre dans le cendrier en remuant non le combustible, mais la grille. On imprime à celle-ci un mouvement de rotation autour de son centre dans le plan horizontal. La grille a pour support une plaque de fonte EE , représentée figures 15, 16 et 17. Elle est soutenue sur cette plaque: 1° par un axe nn , représenté en plan et en élévation (fig. 18 et 19), dont les extrémités s'appuient dans des cavités m, m , qui ont, dans le fond, la forme d'un quartier de sphère; 2° par un bourrelet γ sur lequel nous reviendrons. La grille offre, dans l'épaisseur de sa périphérie, une cavité s où vient se loger une clef dd (fig. 21 et 22), introduite par l'espace $xx\ x'x'$, le long duquel est ménagée une ouverture dans la paroi extérieure du poêle. Une fois la grille saisie par la clef, on promène la clef de x en x' , et l'on fait ainsi aller et venir la grille d'une certaine quantité. De petites sail-

lies en biseau, indiquées sur les figures 18 et 20, d'un centimètre et demi de large et d'un centimètre de haut, faisant corps avec les barreaux, secouent les morceaux de charbon l'un contre l'autre, et ainsi la chauffe se dégarnit complètement de cendre. La grille obéit sans peine à ce mouvement de rotation, parce qu'elle n'est liée à l'axe nn que par une cheville ouvrière $r'r'$ (fig. 20) qui entre dans la cavité de l'anneau r , dépendant de l'axe nn . Le bourrelet y , saillant sur la grille, et portant sur la gorge $z z'$ qu'offre la plaque EE (fig. 15), maintient la grille dans sa situation horizontale pendant qu'elle va et vient sous l'influence de la clef dd .

« En outre de ce mouvement oscillatoire de la grille, on s'est réservé un moyen simple de vider entièrement le foyer, en faisant basculer la grille. L'axe nn qui la soutient ne répond pas à un diamètre de la grille, puisque le centre de la grille est le même que celui de l'anneau r . La grille n'est donc pas en équilibre sur nn . Elle tend à basculer du côté de $z z'$, et n'en est empêchée que par la saillie y , qui est retenue par l'arc $z z'$; mais on a échancré $z z'$ en zz , de sorte qu'il suffit d'amener y au-dessus de zz pour que la grille se renverse. A cet effet, la grille porte en dessous une saillie k , qu'on va chercher par la porte du cendrier, et qui offre une cavité où l'on fait entrer la clef dd . Par ce moyen, on fait tourner la grille jusqu'à ce que y arrive à l'échancrure zz .

« Il est essentiel que jamais la grille ne soit exposée à basculer pendant qu'on la fait aller et venir pour secouer seulement le charbon, en promenant la clef dd dans la fente $x x'$. Les positions respectives de l'ouverture $x x'$, de la gorge $z z'$, de la saillie y et de la cavité s , et les longueurs de $x x'$ et de $z z'$, sont calculées en conséquence. Il suffit, pour garantir la grille de la culbute pendant le nettoyage, que quand le trou s occupe la position extrême x' comme l'indique la figure 15, la dent y reste un peu en deçà de zz .

« Comme les gaz qui s'élèvent de la chauffe entraînent de la poussière qui, à la longue, pourrait obstruer les canaux cc en s'accumulant sous les conduits bb , on s'est réservé le moyen de vider cc au besoin. A cet effet on a ménagé, à droite et à gauche du cendrier, au bas de bb (fig. 8 et 9), deux ouvertures qui, dans l'état ordinaire des choses, sont hermétiquement closes à l'aide des petites portes p , représentées en plan, en coupe et en élévation (fig. 23, 24 et 25). La saillie p' , qui aide la porte



p à se tenir debout, se place dans l'intérieur, comme l'indiquent les figures 8 et 9. Les côtés de la plaque p sont légèrement en biseau, afin que la fermeture soit plus parfaite; car le tirage serait désorganisé s'il y avait une communication entre le cendrier et les canaux cc .

« A la partie supérieure de la chambre M, qui est pleine d'air chaud, on a pratiqué, dans la paroi inclinée ff , une ouverture o qui habituellement est close par la vanne t , laquelle se manœuvre autour de l'axe de rotation i , à l'aide de la clef extérieure h (fig. 9). On peut à volonté rabattre la vanne t , et la mettre dans la position indiquée figure 11. Alors l'air chaud, au lieu de décrire le circuit bca , se rend directement dans la cheminée. Ainsi on n'ouvre o que lorsqu'on veut diminuer la température. Le poêle se charge par une porte P qui existe sur la face antérieure, au-dessus du plan XX. C'est une porte tournante sur deux petits gonds, comme celle des poêles ordinaires; seulement, au lieu de consister en une simple plaque de fonte pleine, c'est un grillage garni d'une plaque de mica, comme la fenêtre pratiquée à l'avant du poêle Nott. La cheminée, à sa base, au lieu d'être ronde, a une section elliptique, comme il résulte de la comparaison des deux figures 10 et 11. Le poêle Spoor se prête mieux que le poêle Nott à l'emploi du combustible menu, qui est le moins cher. On estime qu'un poêle moyen consume par hiver 2000 kilog. d'anthracite.

« Les cotes indiquées sur les figures sont celles qui correspondent à un poêle de grande dimension. Les poêles moyens ont 0^m,75 de haut, les moindres poêles 0^m,65. Le poêle Spoor peut, comme celui du docteur Nott, être enjolivé par divers ornements. Nous n'entrerons à ce sujet, dans aucun détail; nous ne reproduirons même aucune élévation.

1483. « *Poêles d'Olney*. Figures 26, 27 36, 37 (pl. 73). Le poêle d'Olney est plus simple encore que celui de Spoor. Il est à peu près ramené à la forme et aux dispositions ordinaires. C'est un coffre en fonte quadrangulaire, avec les angles rabattus, dont le fond est occupé par une grille dégagée des combinaisons, ingénieuses d'ailleurs, et même utiles, mais un peu complexes, que nous avons signalées pour les deux poêles précédents. La figure 57 représente le plan, la figure 26 la coupe suivant AA, la figure 28 l'élévation de face, la figure 29 l'élévation latérale.

« Le poêle est partagé dans sa hauteur en trois étages. L'étage inférieur $aaaa$ reçoit le combustible; le charbon va même jusqu'à la moitié



de l'étage supérieur. A ce premier étage, le poêle est revêtu de briques dressées contre les parois. Le second étage *bbbb* va en se rétrécissant légèrement par le haut. L'étage culminant *cccc* est l'étage de service, celui par lequel on charge et par où les gaz de la combustion et la fumée se rendent dans la cheminée par l'ouverture *s''*.

« La grille, représentée en plan (fig. 27), en élévation latérale (fig. 30), et que la figure 31 montre de face, décrit les deux côtés d'un angle droit. Chacun des barreaux a la forme générale de l'élévation (fig. 31). La partie antérieure de la grille *uuuu* (fig. 38) se recouvre au moyen de la plaque *ee*, qui est mobile autour de la ligne *dd* comme autour d'une charnière, et qu'on peut à volonté rabattre sur la grande plaque *ffff*, ou relever contre la partie antérieure de la grille en la saisissant par un crochet, à l'aide de l'échancrure *e'* ménagée dans la plaque *ffff*. Comme dans les poêles de Nott et de Spoor, le cendrier est un tiroir à coulisse *gg*, en tôle mince, qui s'ouvre et qui se ferme par le bouton *g'*.

« Il y a deux portes de chargement. La première, qui sert le plus ordinairement, est une plaque *hh* appliquée contre une ouverture qui occupe presque en totalité la paroi antérieure du troisième étage *cccc*. Cette plaque est représentée séparément (fig. 33) du côté tourné vers l'intérieur du poêle, et figure 34 en profil. La base *h'h'* fait fonction de charnière en s'appuyant sans aucune attache sur la paroi *cc* du côté intérieur. *h'h'* est plus large que le côté *hh*, et la plaque *hh* est plus large que l'ouverture qu'elle est destinée à recouvrir. Il en résulte qu'en présentant *h'h'* de biais devant l'ouverture, on engage *h'h'* dans l'intérieur du poêle, tandis que la masse de la plaque *hh* reste en dehors et s'appuie par ses rebords minces sur les bords de *cc*. *hh* est retenue ensuite dans sa position verticale au moyen d'un petit loquet *ll* engagé avec un jeu suffisant dans la plaque *hh*, où un trou de passage est pratiqué à cet effet. La plus grande partie du poids du loquet étant du côté de *l*, la pointe *l'* tend toujours à se relever et à s'accrocher, par conséquent, contre le bord de *c*.

« On a accès pareillement à l'intérieur du poêle en soulevant la plaque *mm* qui le recouvre et qui est représentée à part (fig. 34 et 35), en plan et en élévation. Les saillies en créneaux qu'elle présente sur son pourtour (fig. 26, 28 et 29), sont purement de décoration. On la saisit à l'aide d'un crochet par le trou *i*, ménagé dans la saillie *m'*.

« Pour nettoyer le feu et faire tomber la cendre dans le cendrier, il n'y



a qu'à gratter le charbon à travers les barreaux de la grille, à l'aide d'un ringard aplati semblable à celui du poêle de Nott.

« Le poêle communique avec la cheminée par une ouverture ronde pratiquée dans la plaque qui fait face à l'ouverture *hh*. Pour empêcher que pendant le chargement quelques charbons ne tombent dans la cheminée et ne l'obstruent, cette ouverture est garnie de barreaux.

« Ordinairement on pose au-dessus de *mm* un vase de fonte rempli d'eau, indiqué en plan dans la figure 36, et en élévation, figure 37; *nn* est un fil d'archal qui sert de poignée ou d'anse à ce vase. Pour la décoration on recouvre ce vase d'un couvercle. Il s'y trouve quatre petites ouvertures rondes par lesquelles la vapeur se répand dans l'appartement. Le chapeau *mm* offre, sur sa surface plane, quatre saillies, entre lesquelles on loge le pied du vase rempli d'eau. »

1484. *Poêle à température constante*. Les figures 16, 17 et 18 (pl. 74) représentent, la première, une élévation par-devant; la seconde, une élévation latérale; la dernière, une coupe verticale d'un poêle qu'on a désigné sous le nom de calorifère manomètre. Cet appareil est en fonte; le foyer A est environné de briques, et surmonté d'une double calotte en fonte B, à charnière, qu'on soulève avec un crochet pour introduire le combustible qui est toujours du coke. Dans l'espace C qui existe au-dessus du foyer, se trouve le réservoir D d'un thermomètre à mercure, en fer, dont la tige EFG sort de l'enveloppe et se recourbe comme l'indique la figure 17. L'extrémité de cette tige est ouverte et reçoit un flotteur en fer suspendu à une chaîne très-fine, qui passe sur la poulie fixe H, et est attachée par l'autre extrémité à un petit registre I, mobile autour de son centre, qui ferme l'accès de l'air dans le foyer, quand la température de la chambre C est arrivée à une certaine limite, fixée d'avance. Cet appareil fonctionne bien; et dans certaines circonstances il pourrait être utile; mais appliqué à un poêle, qui est destiné à échauffer et à maintenir l'air d'une pièce à une certaine température, c'est un véritable contre-sens, car ce n'est pas l'appareil qui doit être maintenu à une température constante, mais l'air de la pièce elle-même, et il faut pour cela que la température du poêle change avec la température extérieure. Le thermomètre devrait être placé dans la pièce à une certaine distance du poêle, pour que sa température ne fût pas influencée par le rayonnement du poêle : on obtiendrait ainsi une température constante.

1485. Lorsque les poêles sont en terre cuite, avec ou sans chauffage d'air à l'intérieur, il est impossible de déterminer les dimensions qu'on doit leur assigner pour qu'ils produisent un effet donné, c'est-à-dire, pour qu'ils puissent maintenir à une certaine température, sans ventilation, une pièce dont toutes les dimensions sont connues; parce qu'il faudrait d'abord pour cela, connaître la quantité de chaleur qui peut s'emmagasiner dans leurs masses, et la loi suivant laquelle cette chaleur se dissipe. Les dimensions de ces appareils ne peuvent être données que par l'expérience. Presque toujours ces poêles sont trop grands; mais on peut faire varier à volonté leur effet, en augmentant ou en diminuant les quantités de combustibles employées à chaque chargement du foyer, et les intervalles de ces alimentations.

Il n'en est pas ainsi des poêles métalliques dans lesquels le chauffage est continu; on peut déterminer, pour la saison la plus froide, la perte de chaleur par les vitres et les murailles, comme nous le verrons dans le chapitre XVIII de cet ouvrage, et ensuite, au moyen des nombres que nous avons donnés précédemment, l'étendue des surfaces de chauffe.

§ 4. — CHEMINÉES-POÊLES.

1486. Je désigne ainsi les appareils de chauffage qui ont de l'analogie avec les cheminées, en ce qu'ils laissent voir le feu, et avec les poêles, parce qu'ils échauffent l'air par les parois du foyer.

1487. L'appareil le plus simple est représenté figures 1, 2 et 3 (pl. 74). La première est une élévation de face; la seconde une coupe verticale; et la dernière une coupe horizontale. Il est formé d'une caisse, semblable au foyer d'une cheminée à la Rumfort, en fonte, et plus ordinairement en tôle; la partie antérieure peut se fermer et s'ouvrir à volonté au moyen d'un tablier vertical, composé de trois lames de métal que l'on fait monter ou descendre, à l'aide de deux chaînes qui s'enroulent sur un cylindre de fer, que l'on met en mouvement à l'aide d'une manivelle placée latéralement. Ces appareils se placent ordinairement devant une cheminée que l'on a préalablement bouchée, et la fumée y est conduite inférieurement par un tuyau court, ou par un tuyau qui s'élève jusqu'au plafond. Dans ce dernier cas, l'effet produit est évidemment plus considérable. Les parois intérieures sont ordinairement recouvertes



de plaques d'argile cuite. Les tuyaux de dégagement de la fumée ont des diamètres qui varient depuis 20 jusqu'à 30 centimètres, suivant les dimensions des appareils.

1488. Ces cheminées, qui ont en général un aspect agréable, ont tous les avantages des autres cheminées; elles ont de plus celui de donner beaucoup de chaleur par les parois extérieures, et enfin d'être d'un service très-commode pour allumer le feu, car en abaissant le tablier, de manière qu'il ne reste au-dessous qu'une ouverture de 1 à 2 centim., l'air y acquiert une grande vitesse, et le courant étant dirigé sur le combustible, on obtient le même effet qu'avec un soufflet.

On peut aussi disposer ces appareils de manière à y brûler de la houille ou du coke.

1489. En faisant circuler la fumée après sa sortie du foyer, on peut obtenir presque l'effet des meilleurs poêles. Je dis presque et jamais exactement, à moins qu'on ne tienne le tablier très-bas, parce qu'à surfaces égales, et également bien disposées, les poêles utilisent toujours plus de chaleur. Cette différence provient de ce que l'air qui s'introduit dans le foyer d'un poêle passe toujours à travers le combustible, et par conséquent qu'une petite partie seulement échappe à la combustion; tandis que dans les appareils dont il est question, une grande partie de l'air qui entre dans le conduit à fumée n'a pas traversé le combustible, et diminue la température de celui qui a alimenté la combustion.

1490. *Cheminée-poêle de Desarnod.* Cet appareil est représenté figures 4, 5 et 6 (pl. 74). La première est une élévation, la seconde une coupe transversale, et la troisième le plan. Ce poêle est formé d'une caisse rectangulaire en fonte ou en tôle; la combustion est alimentée par l'air de l'appartement; on règle l'ouverture d'introduction de l'air, à l'aide de plusieurs plaques mobiles M,N, qui glissent dans des rainures; elles sont suspendues à deux chaînes qui s'enroulent sur le cylindre x , que l'on fait mouvoir par une petite manivelle extérieure. Ce poêle est placé sur un canal à air qui se prolonge sous le parquet et va s'ouvrir à l'extérieur. L'air peut également être amené par les tuyaux D,D. L'air frais circule d'abord entre deux plaques horizontales qui forment la base de la cheminée, il s'y introduit par les ouvertures o,o , parcourt les sinuosités fgh , s'élève ensuite dans une caisse rectangulaire en fonte K dont les surfaces sont échauffées par la fumée, de là il se rend dans les tuyaux

R d'où il sort par des bouches de chaleur. L'air brûlé s'échappe par le tuyau F.

Cette disposition est compliquée; on pourrait facilement en imaginer un grand nombre d'autres qui seraient préférables sous tous les rapports. Par exemple, des tuyaux horizontaux placés comme dans la figure 11 (pl. 68) produiraient beaucoup plus d'effet et occasionneraient beaucoup moins de frais de construction.

1491. *Cheminée-poêle à houille.* Les figures 7, 8 et 9 (pl. 74) représentent un appareil destiné à brûler de la houille. La première est une élévation de l'appareil; la seconde, une coupe horizontale par la ligne CD; et la dernière une coupe verticale par la ligne MN. L'air brûlé s'échappe à la partie supérieure du foyer, par un tuyau *ab* qui descend, il remonte ensuite par deux autres tuyaux qui se réunissent pour rejoindre la cheminée; l'air extérieur arrive en dessous du foyer, suit une surface qui le rapproche des tuyaux de dégagement de l'air brûlé, et sort de l'enveloppe par des orifices qui le conduisent dans une caisse supérieure d'où il s'échappe par quatre bouches de chaleur. Dans cet appareil, les bouches sont beaucoup trop petites, et par une combustion un peu vive, l'enveloppe du foyer doit rougir et par conséquent donner une mauvaise odeur à l'air échauffé.

1492. On voit dans les figures 10 et 11 une élévation et une coupe horizontale d'une disposition analogue. *a, a* sont les coupes des tuyaux à air brûlé descendants, et *b, b* celles des tuyaux ascendants. Dans cet appareil, comme dans le précédent, les bouches de chaleur sont au moins dix fois trop petites.

1493. *Cheminée-poêle à flamme renversée.* Cet appareil consiste en un vase de fonte, fermé à la partie supérieure par une grille sur laquelle on place le combustible, et qui communique inférieurement avec une cheminée dans laquelle l'air de la pièce ne peut pas pénétrer directement. On commence, avant d'allumer le combustible, par introduire dans la cheminée quelques morceaux de papier enflammés; lorsque le tirage est établi, on peut allumer le combustible sur la grille. Les figures 12, 13 et 14 représentent deux dispositions différentes du foyer, et une coupe transversale de la cheminée. Dans la figure 15, la grille est inclinée. Dans ces deux dernières figures, *a* représente une petite porte destinée à introduire le combustible qui doit produire le tirage avant qu'on allume



le foyer. Les tuyaux qui conduisent l'air brûlé à la cheminée peuvent être plus ou moins longs; et on peut chauffer l'air de ventilation, comme cela est indiqué dans la figure 15. Ces appareils utilisent une grande partie de la chaleur rayonnante, et une grande partie de celle qui est entraînée par l'air brûlé, quand le canal qui le conduit à la cheminée a un développement suffisant. On pourrait à la rigueur brûler sur la grille toute espèce de combustible, mais à la condition de produire une combustion très-vive, pour qu'aucune parcelle de fumée ne se dégage. Il serait même très-dangereux, avec un combustible quelconque, d'établir une combustion languissante, comme cela est nécessaire lorsque le froid n'est pas très-vif, parce qu'il pourrait se dégager dans la pièce de l'oxyde de carbone, et que ce gaz est très-délétère. Ces appareils, connus depuis longtemps, ne sont pas en usage; nous n'en avons parlé que pour compléter la liste des appareils dont nous venons de nous occuper.

§ 5. — CALORIFÈRES A AIR CHAUD.

1494. On désigne sous le nom de calorifères à air chaud, des appareils dans lesquels l'air est échauffé par la chaleur rayonnante d'un foyer et la chaleur de la fumée, transmises à travers des enveloppes métalliques ou en terre cuite; mais, comme nous l'avons dit précédemment, nous ne donnerons le nom de calorifères qu'aux appareils destinés à chauffer de l'air pris à l'extérieur et à le verser ensuite dans les lieux où il doit être utilisé.

1495. Ces appareils peuvent être modifiés d'une infinité de manières différentes; et tous les poêles que nous avons décrits, avec des surfaces de chauffe suffisantes, pourraient être employés. Mais on conçoit qu'il y a des dispositions plus avantageuses les unes que les autres, qui avec la même étendue de surface de chauffe produisent un plus grand effet utile. Il y a d'ailleurs, dans les différents cas qui peuvent se présenter, des conditions particulières à remplir, qui ne permettent pas d'employer indistinctement tous les appareils.

1496. Nous nous occuperons successivement, des calorifères qui sont placés dans les salles mêmes qui doivent être échauffées, de ceux qui doivent échauffer l'air de ventilation dans des pièces différentes, des calorifères qui sont destinés à échauffer l'air à une haute température, et enfin

de ceux dans lesquels on emploie la chaleur perdue de certains appareils de chauffage.

Calorifères placés dans les pièces qui doivent être chauffées et ventilées.

1497. Ce cas est celui des écoles primaires et des salles d'asile, parce que les calorifères doivent y être surveillés par les maîtres eux-mêmes; qu'en plaçant les calorifères dans les salles, on profite de toute la chaleur qui serait perdue par les parois de l'appareil, et par celles des tuyaux de conduite s'ils étaient installés ailleurs; enfin parce que les appareils peuvent être disposés de manière à utiliser toute la chaleur développée, sinon pour le chauffage, du moins pour la ventilation, comme nous le dirons dans l'article du chapitre XVIII de cet ouvrage, consacré au chauffage et à l'assainissement des salles d'école.

1498. La disposition la plus simple et la plus convenable de ces appareils consiste dans un foyer cylindrique ou prismatique, surmonté d'un cylindre d'une certaine hauteur, se terminant par un tuyau à fumée vertical de 1^m,50 à 2 mètres, et qui se dirige ensuite horizontalement, jusqu'à la cheminée d'appel, en faisant les circuits convenables pour présenter à l'air une surface suffisante. Ce cylindre est environné d'un autre, concentrique, d'un plus grand diamètre, d'une plus grande hauteur, fermé par le bas, ou du moins qui descend jusqu'au niveau du sol, et qui est ouvert à la partie supérieure. Un canal d'une dimension convenable, placé dans le sol et garni d'un registre, établit une communication de l'extérieur du bâtiment à l'intérieur de l'enveloppe du calorifère.

Il est évident que par cette disposition, l'air extérieur, attiré par la cheminée d'appel, pénétrera dans l'intervalle qui sépare le foyer de l'enveloppe, qu'il s'élèvera en s'échauffant, et que l'air de la pièce sera en outre échauffé par le tuyau à fumée. Les deux enveloppes peuvent être en terre cuite, en fonte ou en tôle; mais il est plus convenable de faire en fonte le cylindre qui renferme le foyer, et l'enveloppe extérieure en tôle. La grande vitesse de l'air, en parcourant l'intervalle des deux cylindres, ne permet pas au cylindre intérieur de s'échauffer jusqu'au rouge; on peut d'ailleurs revêtir en briques l'intérieur du foyer. Au lieu de laisser le cylindre enveloppant tout ouvert, il vaut mieux le fermer supérieu-



rement par une toile métallique, ou le garnir latéralement de très-grands orifices fermés également par des toiles métalliques à très-larges mailles. Le canal qui amène l'air de l'extérieur doit être garni d'un registre qu'on ferme quand on veut chauffer la pièce sans y produire de ventilation; on ouvre alors une porte qui se trouve au bas de l'enveloppe, afin de faire circuler l'air de la pièce entre les deux cylindres.

1499. Les figures 1, 2, 3, 4 et 5 (pl. 75) représentent un appareil destiné à la combustion de la houille, du coke ou de la tourbe. La figure 1^{re} est une élévation; la figure 2, une coupe verticale suivant la ligne *mn* (fig. 4); la figure 3, une coupe verticale suivant la ligne *ef* (fig. 4); les figures 4 et 5, des coupes horizontales suivant les lignes *ab* et *cd* (fig. 2). ABCD, cylindre en tôle ou en fonte qui renferme le foyer; A'B'CD', cylindre en tôle extérieur fixé sur le sol par trois écrous. E, foyer; F, cendrier; G, porte du foyer; H, porte du cendrier. I, porte au-dessous du cendrier, qui ne reste ouverte que quand on chauffe la pièce sans la ventiler. K, registre tournant qui permet d'intercepter la communication de la pièce avec l'extérieur; on peut le maintenir dans différentes positions, au moyen d'une manivelle dont l'extrémité est percée d'un trou qui reçoit une cheville qui s'engage dans des trous percés sur un demi-cercle en fer fixé sur le sol. L, registre du tuyau de dégagement de l'air brûlé. M, briques qui environnent le foyer. P, Q, R, écrous qui servent à fixer l'enveloppe sur le sol. S, canal qui amène l'air extérieur dans le calorifère.

1500. Les figures 6, 7, 8, 9 et 10 (pl. 75) appartiennent à un appareil semblable, mais rectangulaire, et destiné à brûler du bois; les mêmes lettres représentent dans cet appareil les mêmes objets que dans celui que nous venons de décrire.

1501. Nous indiquerons dans le chapitre XVIII, les dimensions des calorifères, qui conviennent pour des salles d'école renfermant différents nombres d'élèves, ainsi que les consommations approchées de combustible pour le chauffage et la ventilation.

1502. Si on voulait placer une plus grande surface de chauffe dans l'enveloppe, on pourrait employer un grand nombre de dispositions différentes. Nous en décrivons quelques-unes. Les figures 11, 12 et 13 (pl. 75) représentent l'élévation, une coupe verticale et une coupe horizontale d'un appareil dans lequel le tuyau de dégagement de l'air brûlé

fait plusieurs circuits avant de sortir de l'enveloppe. Dans les appareils (fig. 14, 15, 16 et 17) les changements de direction ont lieu verticalement. Dans l'appareil (fig. 18, 19 et 20), où les deux dernières figures sont des coupes horizontales suivant les lignes AB et CD de la première, le tuyau à fumée est interrompu à une certaine hauteur; l'air brûlé parcourt un canal annulaire qui l'environne, et rentre plus haut dans le tuyau.

1503. On pourrait faire descendre la fumée entre deux cylindres ayant toute la hauteur du cylindre intérieur et concentriques avec lui; l'air extérieur s'élèverait dans les deux espaces annulaires qui se trouveraient sur chacune des faces du canal de descente, et l'air brûlé s'échapperait au-dessous du sol. Ce serait une très-bonne manière de loger une très-grande surface de chauffe dans un très-petit espace; cette surface serait d'ailleurs très-bien utilisée, car elle serait chauffée uniformément et parcourue dans toute son étendue par l'air extérieur. On pourrait aussi faire descendre l'air brûlé simultanément par un grand nombre de tuyaux d'un petit diamètre.

1504. En disposant le cylindre intérieur, qui renferme le foyer, comme nous l'avons dit (1473), on augmenterait beaucoup la transmission de la chaleur.

Dans toutes ces dispositions, la fumée pourrait se dégager par le haut ou par le bas de l'appareil.

1505. Pour ces sortes d'appareils il faut compter sur 1 mètre carré de surface de chauffe par kilogramme de houille ou par deux kilogrammes de bois brûlé par heure, en mettant à part l'enveloppe extérieure.

Calorifères placés loin des lieux qui doivent être échauffés.

1506. Le cas que nous considérons maintenant est le plus ordinaire. Les calorifères sont alors placés dans des caves ou dans des pièces inférieures à celles qui doivent être échauffées. Toujours ils ont un revêtement en briques, destiné à diminuer la quantité de chaleur qui serait perdue par l'enveloppe si elle était métallique. Dans les uns, c'est l'air brûlé qui parcourt des tuyaux diversement disposés dans l'appareil; dans les autres, c'est l'air extérieur qui traverse des tuyaux métalliques dans lesquels il s'échauffe.



Ces deux dispositions produisent des effets utiles très-différents, car dans chacune l'air n'est chauffé que par son contact avec les surfaces qu'il parcourt, et dans la première, la surface de chauffe se compose de la surface des tuyaux et de celle de l'intérieur de l'enveloppe, tandis que, dans le second cas, elle est réduite à la surface intérieure des tuyaux. Dans l'un et l'autre cas, on peut obtenir une appréciation suffisante de l'étendue des appareils, en comptant sur 2 mètres carrés de surface de chauffe réelle par kilogramme de houille brûlée par heure.

1507. *Calorifère de M. René Duvoir.* Cet appareil est représenté pl. 67. Les figures 1^{re} et 2 sont deux coupes verticales, perpendiculaires entre elles par le milieu du foyer; la figure 3 une coupe horizontale suivant xx' (fig. 1^{re}); la figure 4, une coupe suivant yy' ; et les figures 5, 6 et 7 sont d'autres coupes faites à des hauteurs différentes par les plans zz' , tt' , uu' (fig. 1^{re}).

Une cloche en fonte A sert de foyer; B est la grille, et C le cendrier qui communique par le tuyau p , muni d'un registre, avec l'air extérieur qui arrive par les canaux mm . Voici le mode de circulation de la fumée. Les produits de la combustion montent dans le cylindre en fonte D placé sur la cloche A, et de là se divisent pour suivre simultanément des chemins symétriques dans chacun des appareils qui constituent le calorifère. La fumée descend dans le tambour de fonte F, monte dans les tuyaux de fonte G, G, passe de là dans les tuyaux H, H, puis dans les conduits I, I, pour se diriger par K, K, dans L, L, qui la conduisent aux tuyaux MM. Ces derniers se réunissent en un seul N, par lequel la fumée peut se rendre directement dans la cheminée générale P, ou circuler avant, dans des carneaux o, o pour chauffer une chaudière en tôle ZZ, suivant qu'on ouvre ou qu'on ferme les registres R, R'. Les flèches indiquent le mouvement de la fumée. t, t, t , sont des tampons qui ferment des tuyaux disposés pour le nettoyage de l'appareil. Une maçonnerie en briques, maintenue par une armature en fer, entoure les tuyaux de manière à laisser entre cette enveloppe, qui s'oppose au refroidissement de l'appareil, et les tuyaux qui transmettent la chaleur de la fumée, un intervalle par lequel monte l'air qui doit s'échauffer en passant dans le calorifère. Des flèches ponctuées font voir le mouvement de l'air appelé; il arrive d'abord sous le foyer par les canaux m, m , monte dans des conduits c, c , passe autour de la cloche et des cylindres F, F, et ensuite autour des

surfaces des autres tuyaux à fumée. L'air qui a traversé l'appareil parcourt le canal *dd* pour se réunir dans sa partie supérieure, où il se mêle avec la vapeur d'eau que fournit la chaudière Z. De cette manière l'air chaud, qui se rend par l'ouverture *e* dans les appartements à chauffer, se trouve dans un état hygrométrique suffisant pour ne pas être insalubre.

Cet appareil a plusieurs inconvénients : d'abord, comme l'air brûlé doit se diviser plusieurs fois en s'élevant, on ne peut pas être certain qu'il suive simultanément tous les chemins qui lui sont présentés, et, par conséquent, que toute la surface de chauffe soit utilisée. En second lieu, la cloche qui recouvre le foyer étant trop basse, la flamme ne peut pas se développer, il se dégage beaucoup de fumée, et par suite l'effet utile des combustibles qui brûlent avec flamme, est moindre dans cet appareil que dans les autres, et les tuyaux à fumée s'engorgent facilement. Enfin cet appareil est compliqué et par conséquent d'un prix élevé.

1508. Les figures de la planche 77 représentent un calorifère disposé d'une manière très-différente. L'air à chauffer traverse simultanément un grand nombre de tuyaux de fonte, autour desquels passe l'air brûlé qui sort du foyer. La figure 1^{re} est l'élévation de la face du devant; la figure 2, une élévation latérale; la figure 3, le plan de la partie supérieure; la figure 4, une coupe verticale suivant *vv'* (fig. 8); la figure 5, une coupe verticale suivant *tt'* (fig. 7); la figure 6, une coupe horizontale suivant *xx'* (fig. 4); la figure 7, une coupe suivant *yy'* (fig. 4); et enfin, la figure 8, une coupe horizontale suivant *zz'* (fig. 4). A, foyer; B tuyaux de fonte ouverts par les deux bouts, engagés dans des plaques de fonte percées de trous correspondants; C, cendrier; D, chambre à air froid; E, E, orifices par lesquels l'air extérieur s'introduit dans la chambre D; F, chambre à air chaud; G, tuyau d'écoulement de l'air chaud; H, porte du foyer; I porte du cendrier; K, portes pour nettoyer les carneaux; L, tuyau de dégagement de l'air brûlé; M, carneaux de circulation de l'air brûlé.

Cette disposition a aussi de graves inconvénients. D'abord, la surface de chauffe est beaucoup trop petite, même en ajoutant la surface des plaques à celle des cylindres; la circulation de l'air brûlé dans la maçonnerie de fourneau est sans utilité, du moins elle n'agit qu'en s'opposant à son refroidissement; en outre, c'est une chose peu convenable de



faire les prises d'air à chauffer dans la pièce même où se trouve le calorifère, et surtout de chaque côté de la porte du foyer; enfin la disposition des cylindres qui sont au delà du foyer est très-favorable au refroidissement de la fumée, mais ne permet pas de dépouiller les tuyaux de la suie qui s'accumule en peu de temps autour de leurs surfaces.

1509. L'appareil indiqué figures 1, 2, 3, 4 et 5 (pl. 78), ne présente pas les inconvénients que nous venons de signaler. La figure 1 est une élévation latérale; la figure 2, une coupe horizontale; la figure 3, une coupe verticale suivant yy' (fig. 2); les figures 4 et 5, des coupes verticales suivant les lignes zz' et tt' (fig. 3). Dans cette disposition les cylindres de fonte se touchent, et par conséquent on a enlevé dans une partie du contour les rebords qui les terminent. On aurait pu laisser les rebords entiers, en remplissant avec de l'argile, l'intervalle qu'ils auraient laissé entre les corps des cylindres. Les surfaces de chauffe sont dans le rapport convenable avec la grille du foyer, et on a ménagé des regards pour nettoyer les carreaux que forment les rangées de tuyaux.

1510. On augmenterait beaucoup l'effet utile produit dans cet appareil et dans le précédent, si les cylindres de fonte étaient garnis d'appendices intérieurs, comme l'indique la figure 6. Ces appendices devraient être courts et placés de manière à contrarier les mouvements de l'air chaud. On produirait une partie de l'effet qui résulterait de ces appendices, en plaçant dans chaque cylindre un autre cylindre en tôle, fig. 7, d'un plus petit diamètre, qui s'échaufferait par rayonnement. Une feuille de tôle pliée en prisme triangulaire, figure 8, ou mieux encore, pliée comme l'indique la figure 9, produirait un meilleur effet.

1511. Tous ces appareils ont un inconvénient qu'il est important de signaler. Les joints, qu'on ne peut fermer qu'avec de la terre crue, sont très-nombreux, car il y en a aux extrémités de chaque cylindre, et aux arêtes des plaques de fonte dans lesquelles les cylindres sont emboîtés par leurs extrémités, et ces plaques sont nombreuses, car si elles avaient une trop grande étendue elles casseraient ou deviendraient gauches. Or, tous ces joints, par la nature de la matière employée pour les fermer, et aussi par le fait des variations continuelles de longueur des pièces métalliques, laissent nécessairement beaucoup de jours, et quoique ces jours soient très-petits, ils ont une surface totale assez considérable, et par conséquent laisseront passer la fumée dans l'air chaud,

ou l'air chaud dans la fumée, suivant que l'appel dans le tuyau à air chaud l'emportera sur l'appel de la cheminée; ou que le contraire aura lieu. Le premier cas se rencontre quelquefois, comme nous le verrons au chapitre XVIII; alors il en résulte le plus grave de tous les inconvénients des appareils de chauffage. Quand, au contraire, le tirage de la cheminée l'emporte, et c'est ce qui a presque toujours lieu, une certaine quantité d'air chaud passe dans le tuyau à fumée, et il en résulte seulement une perte d'effet utile.

1512. On voit d'après cela qu'il est important dans tous les calorifères, de diminuer autant que possible les joints qui ne peuvent pas être rendus étanches, et qu'il serait dangereux de ne laisser aux foyers qu'un faible tirage, et par conséquent que, même en produisant le tirage pendant le chauffage, il n'est pas toujours convenable d'employer de trop grandes surfaces de chauffe.

1513. La figure 10 représente une coupe transversale d'un appareil disposé d'une autre manière. Il est composé d'un certain nombre de tuyaux de fonte, ayant la forme d'un Y renversé, placés verticalement les uns à côté des autres. L'air brûlé sorti du foyer, parcourt le carneau A, revient en avant dans le carneau B, et retourne par le carneau C qui le conduit à la cheminée. N, N, sont les canaux qui amènent l'air qui doit être échauffé; M est la chambre à air chaud. Cet appareil est bien préférable sous tous les rapports à ceux que nous avons décrits, parce qu'il renferme beaucoup moins de joints, et que ces joints étant formés par une épaisseur de maçonnerie très-considérable, malgré les mouvements qui résultent de la dilatation, ont peu de jours; mais la fumée est nécessairement abandonnée à une température assez élevée. On pourrait fixer à la partie verticale des tuyaux, d'autres tuyaux disposés comme l'indiquent les lignes ponctuées de la figure, et qui formeraient le plafond des carneaux supérieurs; les joints de ces tuyaux pourraient être en mastic de fonte. Il serait utile de recouvrir le foyer d'une voûte qui se prolongerait à une certaine distance pour éviter de chauffer au rouge les tuyaux voisins du foyer. Il est évident qu'il serait aussi très-avantageux d'employer des tuyaux de fonte garnis d'appendices intérieurs, ou d'employer les dispositions des figures 7, 8 et 9.

1514. Les figures 11 et 12 sont deux coupes, l'une verticale, l'autre horizontale, d'un calorifère qui pourrait être placé dans la pièce qui doit



être échauffée, ou dans une cave, en lui faisant une enveloppe de briques. La figure 11 est une coupe verticale suivant la ligne xx' (fig. 12); et cette dernière, une coupe suivant yy' (fig. 11). L'air brûlé se promène dans les carneaux A,A,A, et l'air s'échauffe en montant dans les canaux B,B,B. Cet appareil, étant entièrement construit en tôle forte, donnerait certainement de très-bons résultats; mais il serait d'un prix élevé, et on pourrait craindre que les feuilles de tôle les plus voisines du foyer ne fussent promptement détériorées et ne donnassent à l'air une mauvaise odeur si les premières surfaces de chauffe n'étaient pas recouvertes d'un enduit d'argile, ou de brique de champ.

1515. Le calorifère représenté en coupes verticale et horizontale, figures 1 et 2 (pl. 84), est analogue à ceux que nous venons de décrire. La fumée du foyer A passe successivement du cylindre B dans les trois enveloppes concentriques C, D, E, la première en fonte, les deux autres en tôle; elle y est conduite successivement par quatre tuyaux aa, bb, cc, dd , de même section que les anneaux, et qui sont placés de manière à ne pas être en regard; une cloison verticale placée dans chaque canal annulaire, en avant du tuyau de communication avec l'anneau intérieur, oblige la fumée à le parcourir en totalité avant de se répandre dans l'anneau suivant. Les cylindres de tôle tout ouverts M et N sont destinés à être échauffés par la chaleur rayonnante émanée des anneaux qui les enveloppent, et à céder ensuite cette chaleur à l'air par le contact. La fumée s'écoule par le tuyau X. L'appareil est environné, comme le précédent, d'une enveloppe qui dirige l'air chaud dans le lieu que l'on veut échauffer. Les canaux annulaires sont fermés par des couvercles dont les joints sont faits avec de la terre argileuse; on les enlève facilement pour nettoyer les carneaux, mais il faut pour cela pénétrer dans l'appareil.

1516. La figure 13 (pl. 78) est une coupe d'un appareil très-simple, dans lequel les tuyaux à fumée se nettoieraient facilement. L'appareil dont les figures 14 et 15 présentent une élévation et une coupe verticale, est du même genre; tous deux produiraient un assez grand effet utile, en supposant que l'air ne fût pas élevé à une trop haute température, parce que le mouvement de l'air chaud a lieu dans le même sens que celui de la fumée.

1517. Dans l'appareil, figures 16 et 17, l'air brûlé circule alternative-

ment de bas en haut et de haut en bas. Cet appareil a surtout l'inconvénient de ne pas pouvoir se nettoyer facilement.

1518. *Calorifère de Désarnod.* Cet appareil est représenté dans les figures 18, 19, 20 et 21 (pl. 78). La figure 18 est une élévation; la figure 19, une coupe verticale suivant la ligne xx' (fig. 20); la figure 20, une coupe horizontale suivant la ligne yy' (fig. 19); et la figure 21, une coupe également verticale suivant la ligne zz' (fig. 19). Tout l'appareil est en fonte, excepté les deux surfaces enveloppantes qui sont en tôle. A, foyer; B, lanterne dans laquelle se rend d'abord l'air brûlé; C,C,C, tuyaux par lesquels l'air brûlé descend simultanément dans une couronne annulaire située à la hauteur de la grille; D,D,D, tuyaux par lesquels la fumée s'élève dans la lanterne E, d'où elle se rend dans la cheminée; F, cendrier; G, tuyau de dégagement de l'air chaud; H, double enveloppe dans laquelle circule de l'air qui s'empare de la chaleur absorbée par l'enveloppe intérieure; I, porte du foyer; K, porte pour l'introduction de l'air sous la grille; L, tiroir pour enlever les cendres. Cet appareil a l'avantage de renfermer une grande étendue de surface de chauffe bien disposée dans un petit espace, et de ne pas diminuer le tirage par des circulations trop longues. Mais il faut le démonter complètement pour le nettoyer, et, par conséquent, il serait bien incommode d'y brûler d'autre combustible que du coke. En outre, il renferme bien des joints qui ne peuvent se fermer qu'avec de l'argile, et qui, par conséquent, doivent laisser passer de la fumée dans l'air chaud, quand le tirage de la cheminée étant très-faible, celui de la colonne d'air chaud est très-grand, comme nous l'avons déjà dit en parlant de plusieurs autres appareils. Enfin la prise d'air du foyer n'étant pas distincte de celle du calorifère, il peut en résulter quelquefois des inconvénients, surtout quand on allume le feu.

1519. Les figures 1 et 2 (pl. 79) appartiennent à un calorifère disposé de la même manière, mais dans lequel les deux prises d'air sont distinctes, et qui renferme une troisième enveloppe destinée à diminuer la transmission de la chaleur dans la pièce où le calorifère est placé.

1520. *Calorifère de M. Chaussenot.* Les figures 3, 4, 5 et 6 (pl. 79), donnent une idée complète de cet appareil. A, foyer surmonté d'une cloche en fonte B et d'un tuyau C; D, grille; E, cendrier; F, porte du foyer; G, tuyau enveloppant la cheminée C: il s'appuie sur la maçon-



nerie au-dessus de la cloche B; H, H', H'', H''', quatre couronnes creuses en tôle dans lesquelles circule l'air brûlé; I, I, tuyaux de communication entre les couronnes; K, K, K, portes par lesquelles on pénètre dans les couronnes pour les nettoyer. L, tuyau de sortie de la fumée débouchant dans la couronne inférieure et s'élevant au-dessus du calorifère; M, tuyau pour le dégagement de l'air chaud; N, ouverture par laquelle arrive l'air extérieur, qui s'échauffe par son passage entre les tuyaux C et G; O, autre canal pour l'admission de l'air froid qui passe autour des couronnes creuses; P, P, cloisons établies dans les couronnes et qui forcent l'air brûlé à en parcourir toute la surface; Q, cloisons qui obligent l'air à circuler autour des couronnes.

Cet appareil est maintenant employé dans un grand nombre d'ateliers. D'après le rapport fait à la Société d'encouragement, cet appareil permettrait d'utiliser jusqu'à 0,6 de l'effet total du combustible; ce serait fort peu, beaucoup moins que la plupart des calorifères ordinaires. Mais à l'évaluation numérique donnée par la Commission, il manque deux éléments importants, la quantité de combustible consommée par heure, et l'étendue de la surface de chauffe; car il est facile de comprendre que dans un appareil donné, l'effet utile relatif augmente à mesure que la quantité de combustible consommé diminue, et dans les appareils du genre de celui de Chaussenot, où le tirage a réellement lieu avant le chauffage, le tirage peut être très-bon pour des consommations de combustible très-variables. Il aurait été aussi très-important de connaître la température à laquelle l'air brûlé abandonnait l'appareil, car cette température seule aurait permis d'apprécier avec assez d'approximation l'effet du calorifère.

Les boîtes annulaires de cet appareil sont chères, d'une construction difficile, et malgré les portes ménagées à leur contour, elles ne peuvent pas être nettoyées derrière la cloison P, comme il est facile de s'en assurer à la seule inspection des figures 5 et 6.

1521. Une disposition qui serait bien préférable aux boîtes annulaires, consisterait en quatre tuyaux se pénétrant à angle droit, qui embrasseraient l'enveloppe G comme les boîtes, dont les prolongements traverseraient la maçonnerie et seraient fermés par des tampons qui permettraient de les nettoyer facilement; il y aurait quatre étages de tubes, et chacun communiquerait à l'étage inférieur par un tube, analogue aux

tubes I, et placé derrière une cloison qui forcerait l'air brûlé à parcourir tout le circuit des tubes. Cette disposition serait beaucoup plus simple, d'un prix moins élevé, l'effet utile serait au moins aussi grand, et les circuits pourraient être parfaitement nettoyés.

1522. Les figures 7 et 8 (pl. 79) représentent deux coupes verticales perpendiculaires entre elles, d'une disposition que l'on pourrait aussi employer. L'air brûlé, parvenu au sommet de la colonne qui surmonte le foyer, descend dans un espace annulaire étroit, formé par deux cylindres de tôle concentriques, d'où il s'échappe ensuite dans la cheminée. L'air brûlé s'étale dans tout le conduit, comme nous l'avons déjà remarqué plusieurs fois; et l'intervalle des deux cylindres peut être facilement nettoyé par la partie supérieure, en enlevant l'entonnoir renversé qui reçoit l'air échauffé, et ensuite le couvercle annulaire qui ferme le conduit à la partie supérieure.

1523. Pour de grands ateliers, l'appareil représenté par les figures 9 et 10, dont la première est une coupe verticale, et la seconde une projection horizontale, serait préférable encore, à cause de la facilité du nettoyage. L'air chaud, parvenu à l'extrémité supérieure du tuyau placé au-dessus de la caisse du foyer, descend en parcourant successivement une série de tuyaux de fonte horizontaux, disposés de manière que l'air chaud qui s'élève de bas en haut soit obligé de rencontrer leurs surfaces. Cette disposition serait très-convenable pour éviter que, par un grand appel de l'air échauffé et un faible tirage dans la cheminée, il ne passât une certaine quantité de fumée à travers les joints, car dans l'appareil dont il est question, tous les joints pourraient être en mastic de fonte. Cet appareil serait surtout avantageux pour chauffer de l'air à une température élevée.

1524. M. René Duvoyer construit des calorifères fondés sur le même principe que le dernier dont nous venons de parler. Un de ces calorifères est représenté par les figures 3, 4, 5 et 6 (pl. 113). La figure 3 est une élévation; la figure 4, une coupe suivant xx' (fig. 6); la figure 5, une coupe verticale suivant yy' (fig. 6); et la figure 6, une coupe horizontale suivant zz' (fig. 4). Le foyer est placé dans un cylindre en fonte A revêtu de briques réfractaires jusqu'à une certaine hauteur; l'air brûlé descend simultanément par les deux rangées de tuyaux B, C, D, E, F et B', C', D', E', F', s'élève ensuite dans le cylindre G, d'où il passe dans



la cheminée G. L'air qui doit être chauffé arrive par les canaux souterrains I, I, s'élève simultanément autour des cylindres A, B, et des deux rangées de tuyaux, et se réunit dans la capacité K, d'où il est conduit dans les lieux où il doit être utilisé. Tous les cylindres sont en fonte et les joints au ciment de fer. Le foyer a deux portes, l'une, celle qui est inférieure, est destinée au nettoyage de la grille, l'autre à l'introduction du combustible. L'anhracite brûle très-bien dans cet appareil, et on en peut charger le foyer pour 7 à 8 heures.

Lorsqu'on allume le feu pour la première fois dans ce calorifère, le tirage est très-faible, parce que la chaleur est absorbée presque à mesure de sa production, par la masse de fonte qui environne le foyer, et la mise en train exige que l'on chauffe d'abord la cheminée. Pour cela il y a dans le cylindre G un petit foyer additionnel qu'on n'allume que quand l'appareil a été pendant plusieurs jours sans fonctionner et qu'il est complètement froid. On a remarqué que dans ce calorifère, les houilles grasses se distillent en grande partie, à cause de la haute température de l'enveloppe du foyer, et du faible tirage qui résulte du grand refroidissement qu'éprouve la fumée. Les houilles sèches et les anhracites sont les combustibles qui conviennent le mieux dans cet appareil, comme dans la plupart des autres calorifères.

1525. Les figures 1, 2 et 3 (pl. 80) représentent une élévation et deux coupes transversales d'un calorifère à tuyaux horizontaux, traversés simultanément par l'air qui doit être échauffé. A, foyer. B, canal parcouru par l'air brûlé. C, tuyau qui conduit l'air brûlé à la cheminée. D, tuyaux de fonte. E, canal qui amène l'air froid. F, canal qui reçoit l'air chauffé dans les tuyaux et le conduit au tuyau d'écoulement G. H, orifices fermés par des tampons, qui permettent de nettoyer les carneaux.

1526. Les figures 4, 5 et 6 (pl. 80) appartiennent à un calorifère dans lequel les cylindres sont encore horizontaux, mais disposés par rangées verticales. La figure 4 est une coupe verticale suivant la ligne xx' (fig. 6); la figure 5 une coupe verticale suivant yy' (fig. 6); et la fig. 6 une coupe horizontale suivant zz' (fig. 4). A, foyer. B, carneaux, dont les parois sont formées par les tuyaux. C, cheminée. D, tuyaux. E, entrée de l'air extérieur, qui ne pénètre que dans les deux dernières rangées de tuyaux. F, premier réservoir de l'air chaud, qui de ce réservoir passe dans les deux rangées de tuyaux suivants. G, second réservoir d'air

chaud, qui reçoit l'air du premier et le fait passer dans les deux dernières rangées. H, dernier réservoir d'où l'air chaud se dégage dans le canal qui le conduit dans les pièces où il est utilisé. Cette disposition est très-bonne quand l'air doit être porté à une température élevée.

1527. Les figures 7, 8 et 9 (pl. 80) représentent un appareil dans lequel l'air brûlé passe simultanément autour de tous les tuyaux. Figure 7, coupe verticale suivant la ligne yy' (fig. 9). Figure 8, coupe verticale suivant la ligne xx' (fig. 7). Figure 9, coupe horizontale suivant la ligne zz' (fig. 7).

1528. La figure 10 (pl. 80) est une indication de la disposition qu'il faudrait employer dans le calorifère précédent pour échauffer l'air à une haute température. L'air froid passe successivement à travers une rangée horizontale de tuyaux dans les réservoirs A, B, C, D, E. Cette disposition est très-bonne.

1529. Dans les figures 11 et 12 (pl. 80) on a indiqué deux modes différents de circulation de l'air brûlé autour des tuyaux.

1530. Les figures 1 et 2 (pl. 81) sont deux coupes, l'une verticale, l'autre horizontale, d'un calorifère analogue à celui qui est représenté dans les figures 4, 5 et 6 (pl. 80), mais dans lequel les rangées de tuyaux sont remplacées par des caisses en tôle. Le calorifère est supposé destiné à chauffer, au moins en partie, la pièce dans laquelle il est placé. Pour l'établir dans une cave, il suffirait de donner un revêtement en briques aux parties qui se trouvent au delà du foyer. Les figures 3 et 4 représentent les élévations de deux calorifères de l'espèce de celui que nous venons de décrire, et destinés à être placés dans des pièces qui doivent être échauffées; la figure 5 est une coupe horizontale de la figure 3.

1531. *Calorifères de la Chambre des pairs et de la Chambre des députés.* Les calorifères construits par MM. Roaud et Musard d'après les plans de M. Talabot sont représentés dans les figures 6, 7, 8, 9, 10 et 11 (pl. 81). La figure 6 est l'élévation de deux calorifères contigus; de chaque côté des portes se trouvent des coffres en briques qui reçoivent l'air chaud qui a traversé les tuyaux; une caisse, qui forme une saillie au-dessus, reçoit l'air chaud qui s'échappe d'un tuyau placé dans la verticale des portes pour le conduire dans le même réservoir. La figure 7 est une élévation du calorifère par un des bouts; la figure 8, une coupe verticale



par un plan ondulé xx' (fig. 10); la figure 9, une coupe verticale passant par la ligne yy' (fig. 11); la figure 10, l'élevation de la face antérieure du calorifère, dans lequel on a supprimé le réservoir à air chaud, qui en couvre une partie, et qui est indiqué figure 6; la figure 11 est une coupe verticale passant par la ligne zz' (fig. 9). A, foyer. B, ouvertures voûtées par lesquelles l'air brûlé, en sortant du foyer, pénètre dans la chambre où se trouvent les tuyaux. C, tuyaux. L'air brûlé circule librement autour des tuyaux qui forment les deux premières rangées; des briques placées entre ceux qui forment les dernières, obligent l'air brûlé à suivre le chemin indiqué par les flèches; l'air brûlé parcourt ensuite un canal placé dans le sol pour se rendre à la cheminée. Les figures 12 et 13 représentent le détail des armatures; les cornières (fig. 12) sont en fonte. Ces calorifères donnent de très-bons résultats, et depuis plusieurs années qu'ils ont été établis à la Chambre des députés, ils n'ont exigé aucune réparation. Avec les dimensions indiquées par les figures, on peut brûler 10 kilogr. de houille par heure. L'air qui sort de ces appareils n'a pas d'odeur sensible, attendu qu'il n'y a qu'un très-petit nombre des tuyaux, les plus voisins du foyer, qui prennent la chaleur rouge sombre quand le tirage est très-actif. L'air brûlé s'échappe d'ailleurs à une température peu élevée, et cependant le tirage est très-bon, car la combustion s'effectue bien, même avec les cendriers presque fermés, et l'air extérieur est fortement appelé dans l'intérieur des fourneaux à travers les fissures des briques, de sorte qu'il n'est pas à craindre que la fumée puisse pénétrer dans l'air chaud. Mais la cheminée a une très-grande section.

Ces appareils seraient cependant susceptibles de quelques modifications. 1° Il faudrait donner aux collets des tuyaux un plus grand diamètre, parce qu'alors les tuyaux serviraient d'armatures transversales; 2° les tuyaux devraient être garnis d'appendices intérieurs (fig. 6...9, pl. 78), qui augmenteraient beaucoup leur effet utile et permettraient d'en diminuer le nombre; 3° il faudrait ménager sur les bouts des calorifères des regards qui permettent de nettoyer de temps en temps la surface des tuyaux.

1532. Dans les calorifères à tubes horizontaux, on pourrait évidemment faire passer l'air brûlé dans les tubes, et en dehors l'air qui doit être échauffé; mais il faudrait que l'air brûlé traversât successivement les différentes rangées de tubes de haut en bas. Cette disposition serait surtout applicable à la ventilation des mines par la chaleur, lorsqu'il pourrait être

dangereux de brûler le combustible dans la cheminée d'appel elle-même.

1533. *Calorifère de M. Leturc.* Des appareils de ce genre ont été établis dans le bâtiment des archives de la guerre, et il paraît qu'on est assez satisfait de leur usage. Leur disposition a peu d'analogie avec celles que nous avons décrites précédemment. Les figures 1, 2, 3, 4, 5 et 6 (pl. 82) représentent l'appareil dont il est question. Figure 1^{re}, élévation. Figure 2, coupe verticale suivant uu' (fig. 5). Figure 3, coupe verticale suivant vv' (fig. 6). Figure 4, coupe horizontale suivant xx' (fig. 1^{re}). Figure 5, coupe horizontale suivant yy' (fig. 2). Figure 6, coupe horizontale suivant zz' (fig. 2). A, foyer. B, cloche en fer qui surmonte le foyer. C, canal annulaire dans lequel passe l'air brûlé au sortir du foyer. D, canal rampant que parcourt l'air brûlé avant de pénétrer dans la cheminée. E, canal dans lequel arrive l'air froid : il passe d'abord autour du tuyau C, et circule ensuite autour de la cloche B, dans un canal rampant F. G, réservoir à air chaud. H, tuyaux d'écoulement de l'air chaud. I, vides ménagés dans la maçonnerie pour diminuer sa conductibilité. K, tuyau de dégagement de l'air brûlé.

Cet appareil a bien des inconvénients; il est compliqué, d'une construction difficile, et il ne peut être réparé qu'après avoir été complètement démoli. Je doute fort que l'effet utile qu'il produit soit aussi considérable que celui des calorifères à tubes; du reste, on n'en a pas construit d'autres que ceux qui sont aux archives de la guerre.

1534. *Calorifères anglais.* Les calorifères que l'on a construits depuis quelques années en Angleterre sont très-différents de ceux que nous venons de décrire. On trouve dans les *Annales de l'industrie*, t. XVII, la traduction d'un article qui contient des détails très-circonstanciés sur celui qui a été établi dans l'hôpital général du Derbyshire, et sur plusieurs autres de même genre. Nous donnerons la description d'un de ces appareils, nous rapporterons le résultat des expériences qui ont été faites, et nous indiquerons les circonstances dans lesquelles cette disposition pourrait être avantageusement employée.

Le calorifère de Derbyshire est composé (fig. 1^{re} et 2, pl. 83) d'une grande cloche de tôle de 5 millimètres d'épaisseur, ayant la forme d'un prisme quadrangulaire surmonté d'une calotte formée de deux cylindres qui se pénètrent à angle droit, comme une voûte de cloître. Cette cloche est posée sur le foyer, qui est en forme de trémie. Sur deux



côtés opposés de la partie inférieure de la cloche se trouve une ouverture large de 12 millimètres qui se prolonge sur tout le côté; ces ouvertures sont destinées à évacuer la fumée et à la conduire dans un canal horizontal qui aboutit à la cheminée. Comme ces ouvertures sont sujettes à s'obstruer par la suie, en avant de l'appareil se trouvent deux tringles dont les extrémités sont garnies de petites plaques, qui par le mouvement des tringles parcourent les ouvertures dont nous venons de parler et les dégorgent de la suie qui aurait pu s'y amasser. Autour de la cloche existe une enveloppe en maçonnerie de même forme, et qui en est distante de 20 centimètres. Cette enveloppe est percée dans toute son étendue d'un grand nombre d'ouvertures égales et circulaires dans lesquelles sont scellés des tuyaux de même diamètre, ouverts par les deux bouts, et qui pénètrent dans l'espace vide situé entre la cloche et son enveloppe jusqu'à deux centimètres de la cloche. Cette enveloppe est environnée de murailles terminées par une voûte, à la partie supérieure de laquelle se trouve un canal qui conduit l'air chaud dans le lieu que l'on veut échauffer. L'espace compris entre la première et la seconde enveloppe est séparé en deux parties par une cloison horizontale; la partie inférieure est en communication avec l'air froid qui doit être échauffé, l'autre reçoit l'air chaud. D'après cette description on voit que l'air froid arrive sur la surface extérieure de la cloche par les tubes qui sont placés au-dessous du diaphragme, qu'il s'élève ensuite en cheminant entre les tubes placés au-dessus, et qu'il se dégage dans le réservoir d'air chaud par les tubes supérieurs qui sont de plus en plus inclinés. *W*, muraille extérieure formant la seconde enveloppe et supportant la voûte de la cavité *z*. *L*, foyer. *b*, châssis contenant une plaque à coulisse pour laisser échapper les cendres. *F*, tuyau en fonte pour l'introduction du combustible. *P*, embrasure voûtée de la porte du foyer. *e, e*, ouvertures de 12 millimètres de largeur par lesquelles la fumée entre dans le canal *f*. *A*, cloche en tôle. *R, R*, tirettes pour nettoyer les ouvertures *e, e*. *B*, première enveloppe de la cloche garnie de tuyaux. *xx*, diaphragme en brique qui force l'air froid à entrer dans l'enveloppe *B*, en passant par les tuyaux inférieurs.

Il paraît, d'après une expérience faite sur ce calorifère, qu'un kilogr. de houille échauffe 252 mètres cubes d'air, ou 327 kilogr. de 33°, ou 10790 kilogr. d'air de 1°. Ainsi l'effet utile d'un kilogr. de houille est de

2700 unités de chaleur. Par une expérience faite plus récemment avec un calorifère portatif construit sur le même principe, mais amélioré, l'auteur a échauffé 12500 kilogr. d'air de 1° par chaque kilogr. de houille. Ces résultats font voir que dans les calorifères dont il est question, la chaleur est employée bien moins avantageusement que dans les autres appareils; la raison en est évidente, la surface de chauffe est trop petite, et on n'utilise presque que la chaleur rayonnante. Cette disposition a cependant l'avantage d'empêcher le métal, chauffé directement par le foyer, d'acquérir une température élevée, à cause du courant d'air froid injecté sur sa surface.

1535. Depuis l'époque de l'apparition des calorifères dont il est question, on en a construit sur de plus grandes dimensions, en donnant aux tubes une enveloppe en fer au lieu d'une enveloppe en briques. La cloche est plus longue que dans les premiers, d'environ la profondeur du foyer; celui-ci est en fer forgé, il a la forme d'une trémie sur trois côtés, et la paroi antérieure va rejoindre verticalement la cloche; il est entouré de briques sur les trois côtés obliques, et sur le devant il a une ouverture pour l'introduction du combustible. Par cette disposition, le conduit de la fumée commence dans un petit espace à droite et à gauche de la cloche, entre elle et la partie extérieure du foyer, et sur une largeur d'environ 1 centimètre; cet espace, en raison de la forme en trémie du foyer, s'élargit en descendant, de telle sorte qu'au niveau de la grille il a une largeur assez considérable; ces cavités latérales se réunissent à une cavité semblable, pratiquée sur la partie postérieure du foyer, d'où la fumée passe dans un canal construit sous le sol, et ensuite dans la cheminée. Cette dernière partie du canal qui conduit la fumée à la cheminée est séparée du cendrier par une porte de fer qui s'ouvre à volonté pour permettre de nettoyer les conduits de la fumée.

Comme l'air qui entre par la rangée la plus basse des tubes, doit s'élever entre les tubes de la deuxième rangée; que celui qui entre par la première et la deuxième doit passer entre les tubes de la troisième; et finalement, que l'air qui est entré par tous les tubes au-dessous de la rangée la plus élevée de la chambre à air frais doit passer entre ceux-ci pour gagner la chambre à air chaud, où il se dégage; il s'ensuit que l'espace compris entre les tubes de la rangée la plus élevée doit être égal à la somme des surfaces des bouches de tous les tubes qui sont au-dessous



de cette rangée, afin que l'air, dans sa course, ne soit pas obligé de changer de vitesse. Ces considérations ont engagé l'auteur à donner aux calorifères la forme indiquée.

Dans les figures 3 et 4 (pl. 83), *abc* est l'enveloppe de fer renfermant les tubes dont les extrémités s'approchent à un centimètre environ de la cloche. La porte *D* sert à l'alimentation du foyer. *n,n* sont des ouvertures pour le dégagement de la fumée; *r,r* sont les tirettes qui servent à nettoyer ces ouvertures. *A* est le cendrier. *EF* le niveau du sol. Le conduit d'air frais communique avec l'atmosphère par un chapeau tournant, dont la bouche est présentée au vent, de sorte que cet air froid est tout à fait séparé du cendrier et du foyer; il passe librement entre les pieds droits *K*, monte de là dans la cavité *M*, entre de tous côtés par les petits tubes, va frapper la cloche échauffée, passe à travers la rangée supérieure des tubes, et arrive dans la cavité *C*, désignée sous le nom de chambre à air chaud; là il a atteint la température qu'il doit avoir, et se répand par des tuyaux dans les chambres à échauffer.

1536. *Calorifère à anthracite de Picot* (1). « Dans plusieurs maisons de Philadelphie, on emploie des calorifères chauffés à l'anthracite. La construction de ces calorifères est assez imparfaite. Ils ne chauffent directement qu'une partie des appartements, quoique les maisons américaines, construites sur le modèle anglais et occupées de même par une seule famille, soient fort petites. Il n'y a que trois bouches de chaleur, toutes au rez-de-chaussée : l'une au salon; la seconde dans la salle à manger, qui est attenante; la troisième dans le passage placé derrière la porte d'entrée de la maison, devant l'escalier. Le calorifère que M. Picot a établi chez lui chauffe en outre directement les deux étages supérieurs.

« Il est représenté en plan (fig. 6, pl. 83) à la hauteur *XX* (fig. 5); en coupe (fig. 5) suivant *YY* (fig. 6), et en élévation de face (fig. 7). Ce calorifère, placé dans la cave, selon l'usage, consiste en un coffre *M* en fonte à calotte cylindrique, enfermé dans l'espace *EEEE* à calotte de même forme, mais maçonné en briques et faisant l'office de chambre de chaleur. L'air qui a servi à la combustion, après avoir traversé la chauffe

(1) Cet article est extrait du mémoire de M. Chevalier sur les poêles à anthracite d'Amérique. *Journal d'architecture*, etc.

A, passe de M dans le gros tuyau cylindrique en tôle B, et se rend de là au dehors par le tuyau de tôle CCCC, logé dans une des ci-devant cheminées de la maison, qui est fermée par le haut et par le bas, et convertie ainsi en un réservoir d'air chaud. L'air froid, destiné à être jeté dans les appartements, arrive de l'extérieur par le tube en fer-blanc F, d'où il passe en *ff* derrière une enveloppe en briques *aaa* de 0^m,10 d'épaisseur, dont la chambre de chaleur EEEE est entourée. Il entre ensuite dans EEEE par les ouvertures *i*, distribuées au pied de *aaa*.

« Dans le conduit horizontal qui unit M au gros tuyau B, est une soupape *c* servant à régler la quantité d'air qui sort de la chauffe et par conséquent celle qui y entre. Par là on modère à volonté la combustion et par suite la production de chaleur.

« L'air chaud de la chambre de chaleur se partage en deux parties : l'une, en suivant la cheminée DD, se rend dans les pièces exposées au nord ; l'autre, par l'ouverture R, se dirige vers les chambres tournées du côté du midi. Grâce au tuyau CCCC, il arrive plus de chaleur au nord qu'au midi.

« La grille *nn* doit, comme dans tous les foyers à anthracite, être combinée de manière à permettre de secouer le feu rapidement, sans ouvrir le fourneau. Elle offre, dans sa ligne milieu, un écartement des barreaux auquel correspond, en dessous, une barre ronde en fer *gh*. La barre *gh* s'appuie au fond de la chauffe, par son extrémité *g*, dans une cavité ménagée dans le pourtour de la grille. Elle est d'ailleurs soutenue par la barre transversale *m*, et l'est enfin par la plaque *l*, au travers de laquelle elle passe. Dans l'état ordinaire des choses, *gh* fait l'office de barreau du milieu de la grille. En saisissant par la poignée *h* la barre *gh*, et en la remuant dans le plan vertical, on met en mouvement tout ce qui est dans le foyer, ce qui fait tomber la cendre. On a aussi la ressource de faire passer un ringard par l'ouverture *s* (fig. 5 et 7), qui est située à l'avant, au-dessus de la grille, et contre laquelle on tient appliquée habituellement, en guise de tampon, une plaque de fonte. On peut même vider la chauffe en retirant complètement la barre *gh* par l'avant du fourneau. La charge tombe alors par la large ouverture qui se présente entre les deux moitiés de la grille à la place de *gh*.

« La grille est formée de barreaux indépendants les uns des autres, afin qu'on puisse les renouveler avec économie.



« La chaleur sèche des calorifères et des poêles porte à la tête. Pour remédier à cet inconvénient, M. Picot a placé dans la chambre de chaleur un récipient plat en fonte K, dans lequel on entretient une certaine quantité d'eau. L'air chaud se mêle ainsi à une suffisante proportion de vapeur aqueuse. On renouvelle aisément l'eau, parce que le récipient s'avance en dehors du calorifère par le bec *b*, recouvert d'une plaque de fonte qui ferme le passage à l'air extérieur.

« Au-dessous de la grille *nn* est une seconde grille *tt*, sur laquelle on recueille les charbons qui ont passé au travers des barreaux, afin de les recharger. Le cendrier véritable O est sous *nn*.

« Le foyer a été construit de manière à permettre, au besoin, l'emploi du bois au lieu de l'anthracite. Pour cela il suffirait d'allonger la chauffe aux dépens du massif de maçonnerie V, qui a été placé en arrière.

« Pour nettoyer le tuyau vertical CCCC, où s'amasse toujours une certaine quantité de poussière et de suie, il suffit d'enlever le tampon *d* qui le termine, et d'y promener de haut en bas un boulet suspendu à une chaîne.

« P est une porte dont on ne se sert que pour pénétrer dans le calorifère en cas d'accident, ou afin de manier la soupape *c*.

« Ce calorifère fonctionne si bien que, pendant un espace de quatre mois, la température a été rigoureusement maintenue dans la maison de M. Picot, nuit et jour, entre 16°, 34 et 20° centigr. (62° et 68° Farh.). »

1537. *Considérations générales sur les calorifères destinés à chauffer l'air à une température peu élevée.* D'abord, tous les calorifères que nous avons décrits pourraient produire le même effet utile si les surfaces de chauffe avaient une étendue suffisante. Mais, en général, ceux dans lesquels les tuyaux sont parcourus par l'air brûlé exigent, dans les mêmes circonstances, des surfaces de chauffe plus petites que les autres, parce que la surface intérieure de l'enveloppe doit être comptée comme surface de chauffe.

1538. En mettant à part les calorifères anglais, et le calorifère de M. Leturc qui a beaucoup d'analogie avec eux, appareils qui n'utilisent guère que la chaleur rayonnante du combustible, à moins qu'au delà de la cloche qui recouvre le foyer il n'y ait des surfaces de chauffe suffisantes pour refroidir convenablement l'air brûlé, les calorifères peuvent se diviser en trois classes : ceux dans lesquels l'air qui s'échauffe marche dans

le même sens que l'air brûlé; ceux dans lesquels l'air chaud chemine perpendiculairement au mouvement de l'air brûlé; et enfin ceux dans lesquels les deux courants marchent en sens contraire, au moins dans une certaine étendue de trajet.

1539. Dans la première classe, celle où l'air et la fumée marchent dans le même sens, se trouvent le calorifère de M. Duvoir (pl. 76), ceux qui sont représentés figures 14, 15 (pl. 78), 1 et 2 (pl. 79), en partie celui des figures 16 et 17 (pl. 78), ainsi que le calorifère de Désarnod, figures 18, 19, 20 et 21 (pl. 78). Cette disposition, qu'on regarde comme très-défavorable, l'est réellement très-peu, toutes les fois que l'appareil doit chauffer un grand volume d'air à une température peu élevée, et que l'air brûlé doit être abandonné à une température supérieure à 100°, ce qui est le cas le plus ordinaire, du moins quand il serait dangereux que la fumée s'introduisît dans l'air chaud, parce que, dans toutes les dispositions les excès moyens de température de la fumée et de l'air chaud diffèrent peu. Mais la disposition dont il est question serait très-mauvaise si l'air devait être porté à une très-haute température.

1540. Dans la seconde classe, celle où l'air qui doit être échauffé traverse perpendiculairement le courant d'air brûlé, se trouvent le calorifère à tubes verticaux fig. 1 à 13 (pl. 78), et ceux qui sont représentés dans les planches 77 et 80. Ces dispositions sont les meilleures qu'on puisse employer lorsqu'on se propose d'échauffer un grand volume d'air à une température peu élevée; car toutes les parties du tuyau à fumée sont rencontrées simultanément par de l'air froid, par conséquent la transmission de la chaleur est plus grande, les surfaces de chauffe sont mieux utilisées, et on peut refroidir la fumée à une plus basse température que dans toutes les autres dispositions. Parmi ces appareils, ceux qui renferment des tubes horizontaux traversés par l'air, doivent être préférés aux autres, quoiqu'ils exigent plus de surface de chauffe, parce qu'ils sont d'une construction plus simple, moins chers, moins sujets aux réparations, et qu'ils renferment moins de joints fermés par de la terre. Je ne pense pas qu'il y ait une très-grande différence dans les effets utiles produits par les calorifères à tubes horizontaux, selon que les rangées de tubes sont placées horizontalement ou verticalement.

1541. Enfin, les calorifères de la dernière classe, ceux dans lesquels l'air brûlé et l'air à échauffer marchent en sens contraire, au moins dans



une partie du trajet, classe à laquelle appartiennent l'appareil de M. Chaussonot, ceux des figures 7, 8, 9 et 10 (pl. 79), et celui de M. René Duvoir (pl. 113), ont sur tous les autres un grand avantage, toutes les fois qu'il s'agit d'échauffer de l'air à une température élevée; car les surfaces de chauffe sont mieux utilisées, et l'étendue seule de la surface de chauffe, pour la même consommation de combustible, limite l'abaissement de température que l'on peut atteindre dans l'air brûlé, du moins quand le tirage est suffisamment établi par la colonne ascendante qui se trouve au-dessus du foyer. Mais, comme nous l'avons déjà dit, quand on doit échauffer un grand volume d'air à une basse température, il y a fort peu de différence dans l'effet utile produit par les trois dispositions dont nous venons de parler.

1542. Dans tous les calorifères à tubes, on pourrait remplacer la fonte par de la terre cuite; il en résulterait une grande économie dans les frais de construction; mais l'appareil devrait être disposé de manière à ce que l'on pût facilement remplacer un tube qui viendrait à casser.

1543. Pour les calorifères employés à chauffer l'air de ventilation des lieux habités, indépendamment de l'économie des frais de construction et de chauffage, et de la facilité du nettoyage des tuyaux à fumée, il y a encore deux conditions importantes à remplir : il faut 1° que le tirage de la cheminée soit très-grand, afin que la fumée ne puisse jamais être appelée dans l'air chaud par les fissures des joints, 2° que les surfaces de chauffe ne puissent jamais acquérir une température assez élevée pour donner à l'air une mauvaise odeur.

1544. Dans chaque cas particulier, l'effet à produire étant donné, la disposition du calorifère pourra être choisie par les considérations précédentes; on déterminera la quantité maximum de combustible à brûler par heure, en supposant un effet utile égal à 0,80 de sa puissance calorifique; on calculera ensuite la surface de la grille comme pour les foyers des chaudières à vapeur; on prendra 2 mètres carrés de surface de chauffe réelle par kilogramme de houille à brûler par heure; et enfin on calculera la section de la cheminée et des canaux de circulation de la fumée, comme nous l'avons indiqué (406), en supposant que la température moyenne de l'air brûlé dans la cheminée soit de 200°.

Calorifères destinés à chauffer l'air à une haute température.

1545. Pour le chauffage de l'air à une haute température, l'économie des surfaces de chauffe et du combustible exigent nécessairement que l'air brûlé et celui qui doit être échauffé marchent en sens contraire.

1546. Les figures 3 et 4 (pl. 84) représentent la disposition la plus simple d'un appareil de chauffage d'air à haute température. La première est une coupe verticale dans le sens de la longueur de l'appareil; la seconde, une coupe horizontale suivant la ligne xx' de la première. A est le foyer; B, des tuyaux en fonte, horizontaux, par lesquels s'écoule l'air brûlé, qui pénètre ensuite dans la cheminée M; ces tuyaux sont placés dans des caniveaux c,c , qui sont parcourus en sens contraire par l'air extérieur. D, tuyau horizontal ou vertical par lequel s'écoule l'air fortement échauffé. Si l'air qui doit être échauffé était comprimé, il faudrait évidemment le faire passer dans les tuyaux, et l'air brûlé dans les caniveaux.

1547. Un appareil analogue est indiqué par les figures 5 et 6 (pl. 84). L'air brûlé, en sortant du foyer A, parcourt successivement les carneaux B, rectangulaires et fermés supérieurement par des plaques de fonte, tandis que l'air qui doit être échauffé parcourt en sens contraire les canaux c,c , pour se rendre dans le canal D, qui le conduit dans le lieu où il est utilisé.

Il est évident que si on pouvait disposer d'une grande longueur, il conviendrait mieux de ne pas changer la direction des carneaux.

1548. Dans ces appareils il est important de donner une grande épaisseur à la maçonnerie qui se trouve au-dessus des carneaux pour diminuer le refroidissement de l'air chaud. Il serait même préférable de laisser des jours au milieu de la maçonnerie: la conductibilité de la masse serait encore plus petite.

Lorsque les foyers sont à la hauteur des surfaces de chauffe, il n'y a de tirage produit ni avant, ni pendant le chauffage, et celui qui est nécessaire pour la combustion provient uniquement de la cheminée; par conséquent on est obligé d'abandonner l'air brûlé à une température assez élevée. On diminuerait l'importance de cette température élevée, en abaissant le foyer de 1^m,50 à 2 mètres au-dessous des carneaux.

1549. On pourrait aussi donner aux carneaux une direction verticale:



cette disposition permettrait de refroidir complètement l'air brûlé, parce que le tirage qui résulterait de la somme des forces ascensionnelles de toutes les colonnes ascendantes, diminuée de celle de toutes les colonnes descendantes, pourrait suffire.

1550. Depuis plusieurs années on emploie dans les hauts fourneaux l'air chauffé à une haute température, et on a construit pour cet objet des calorifères de formes très-variées, mais qui pour la plupart ne réalisent qu'une bien faible partie de la chaleur dégagée par le combustible brûlé. Quelques-uns de ces appareils sont chauffés par la chaleur perdue des gueulards, mais nous n'en parlerons que plus tard.

1551. *Calorifère à haute température d'un haut fourneau au coke, de Vienne (Isère)*. Les détails et les dessins de cet appareil sont extraits du *Portefeuille industriel*, publié par M. Pouillet.

Les figures 7 et 8 (pl. 84) représentent l'ensemble du haut fourneau et tous les détails du système de chauffage de l'air. La figure 7 est une coupe verticale suivant la ligne xx' (fig. 8); la figure 8, une coupe horizontale suivant yy' (fig. 7). La machine soufflante, qui n'est pas indiquée dans les figures, lance l'air, au moyen du tuyau A, dans le régulateur à eau R. L'air sort du régulateur par le tuyau B, continue sa marche jusqu'en C, et là se divise en deux parties; l'une suit le tuyau CD pour arriver à la tuyère T, l'autre passe derrière le fourneau, et vient par le tuyau CEF à la tuyère T'. Ces tuyaux sont placés dans un long four ou canal dont la sole, les parois et la voûte sont en briques réfractaires, où ils reçoivent l'action de la flamme des trois foyers X, Y, Z. La flamme du foyer X enveloppe le tuyau B à son entrée dans le canal, et ne le quitte que pour s'écouler dans la cheminée H; celle du foyer Y agit depuis le point D jusqu'à la même cheminée, en passant par le coude C; celle du foyer Z agit pareillement de F en H, en passant par le coude E. Sur une longueur d'environ 4 mètres, à partir des foyers, le four porte de chaque côté un revêtement et des armatures en fonte. Le four a 0^m,90 de largeur sur 0^m,75 de hauteur. La distance du foyer X à la cheminée est de 13 mètres, celle du foyer Y au point C est de 4 mètres, celle du foyer Z à la cheminée en passant par le coude F est de 9 mètres. En B le tuyau a 0^m,50 de diamètre extérieur, 0^m,027 d'épaisseur; il va en diminuant jusqu'en C; de C en D, et de C en F, les tuyaux n'ont que 0^m,30 de diamètre extérieur, et 0^m,020 d'épaisseur.

Leur longueur est de 35^m; ils sont réunis par deux sortes de jointures. Les joints ordinaires sont à brides; entre deux brides contiguës et bien dressées sans être polies, on interpose une rondelle de fer doux, et, lorsque les brides sont fortement serrées par des boulons à vis et que la rondelle de fer s'est en quelque sorte moulée sur les brides, on rabat les bords au marteau pour mieux sceller les joints extérieurement. Les joints à compensation qui permettent aux tuyaux d'obéir aux effets de la dilatation sont formés par un emboîtement; l'un des cylindres est terminé par un renflement cylindrique, l'autre par un petit bourrelet; le bourrelet entre comme un piston dans le renflement cylindrique, et les surfaces sur lesquelles le mouvement doit avoir lieu sont tournées et alésées avec assez de soin pour qu'il n'y ait pas de perte sensible par ces joints. La machine fournit 41 mètres cubes d'air par minute, sous une pression de 0^m,054 à 0^m,060 de mercure. D'après les renseignements contenus dans l'article de M. Pouillet, le haut fourneau produit par jour 5 tonnes un quart de fonte, et la consommation des trois foyers est de 30 kilog. de houille menue pour 100 kilog. de fonte. D'après cela la production de fonte par heure est de $5250 : 24 = 218^{\text{t}}$, et par conséquent la consommation de houille par heure pour les trois foyers est de $2,18 \times 30 = 65$ kilog.

La température de l'air chaud n'est pas indiquée; mais il est facile de voir que cet appareil produit, du moins sous le rapport du chauffage, un effet utile assez considérable; car le poids de l'air lancé par heure étant de $41 \times 60 \times 1,3 \times 0,82 : 0,76 = 3450$ kilog., il s'ensuit qu'on emploie $65 : 3450 = 0^{\text{t}},02$ pour chauffer 1 kilog. d'air. Or si toute cette chaleur était utilisée, l'air serait élevé à une température de $7500 \times 0,02 \times 4 = 600^{\circ}$. En admettant que l'air soit lancé à 300^o, l'effet utile serait un demi, ce qui est un assez bon résultat pour des appareils de cette nature.

1552. *Calorifère de M. Taylor.* Cet appareil, destiné à chauffer l'air d'alimentation des hauts fourneaux, est représenté en coupes dans les figures 9 et 10. L'appareil se compose de deux grands tubes droits AB et A'B' portant chacun huit tubulures C, C'; de quatre petits tubes droits *ab, a'b'* placés dans le prolongement des deux premiers; et de huit tubes courbés en arc DSD'. L'appareil est destiné à une soufflerie donnant 27^m,41 d'air par minute. La longueur des tuyaux AB = 3^m60; leur



diamètre extérieur = 0,36; leur épaisseur = 0,025. La surface des deux tuyaux = 7,06. Les tuyaux courbés ont pour axe un cercle de 0,78 de rayon, et une longueur de 2,25. Leur diamètre extérieur est de 0,17; leur surface totale est de 11,60. Les joints sont faits au ciment de fonte. L'air arrive par un des tubes AB ou A'B', et traverse simultanément tous les tuyaux courbés. M. Taylor admet que dans cet appareil 1 mètre carré de surface de fonte, chauffée au rouge cerise, suffit pour porter à 300° 2 mètres cubes d'air par minute. L'appareil satisfait à ces proportions en comptant seulement pour un tiers la surface des grands tuyaux AB et A'B'. Cette disposition est peu avantageuse, car l'air brûlé est abandonné à une température très-élevée.

1553. *Calorifère de l'usine de Calder*, près de Glasgow, d'après M. Dufresnoy. Cet appareil, figure 1, 2, 3 et 4 (pl. 85), se compose de deux gros cylindres horizontaux A et B, de 3,30 de longueur et de 0,25 de diamètre intérieur, et de neuf petits tuyaux C, de 0,08 de diamètre, repliés sur eux-mêmes à la manière d'un siphon, et qui sont placés verticalement sur les tuyaux A, B, dans lesquels ils entrent à frottement au moyen de gorges K. Ce système de tuyaux est placé dans un fourneau rectangulaire de 3,30 de long sur 1 mètre de largeur, et 4 ou 5 de hauteur. L'expérience ayant appris que les joints se détérioraient assez promptement, on a construit le fourneau de manière à les garantir de l'action du feu. Les assemblages *l,l*, des gros tuyaux sont placés en dehors du fourneau; quant aux assemblages des petits tuyaux sur les gros, on les met à l'abri de l'oxydation par une maçonnerie en briques réfractaires *m,m*, qui règne tout le long des gros tuyaux. La flamme, en s'échappant du foyer, se rend dans le fourneau par la fente longitudinale *nn*, pratiquée dans toute la longueur du fourneau; elle se répand ensuite entre les tuyaux, les enveloppe de tous côtés, et gagne la cheminée au moyen des ouvertures *o,o*. La température de l'air est portée dans cet appareil au-dessus de 322° centigrades. La chaleur ne doit pas être mieux utilisée dans ce calorifère que dans le précédent.

1554. *Calorifère de l'usine de Monkland-Iron-Works*, près Airdrie, d'après M. Dufresnoy. Cet appareil, représenté figures 5 et 6 (pl. 85), a beaucoup d'analogie avec le précédent. Il se compose également de deux gros tuyaux et d'un certain nombre de petits qui s'emboîtent dans

les gros; on a seulement changé leurs positions relatives. Les gros tuyaux A et B ont la forme d'un fer à cheval et sont placés verticalement dans le fourneau; les petits tuyaux n,n , qui les mettent en communication, sont horizontaux, ils ont 1^m,60 de longueur. Cette différence de position, et surtout le moindre développement des petits tuyaux, ne permettent pas de donner à l'air, au moyen de cet appareil, une température aussi élevée que dans celui de Calder.

1555. *Calorifère de l'usine de Butterley-Iron-Works*, dans les environs de Derby. L'appareil figures 7 et 8 (pl. 85) se compose de trois gros tuyaux A,B,C, de 0,70 de diamètre intérieur, placés horizontalement les uns au-dessus des autres, et séparés chacun par des voûtes plates a et b . Ces tuyaux sont réunis deux à deux par des tuyaux courts c et d , courbés à angles droits. L'air, au sortir de la machine soufflante, entre dans l'appareil par le tuyau C, et sort en e après avoir parcouru successivement la longueur des trois tuyaux. Les joints sont à l'extérieur du fourneau proprement dit. Pour empêcher que l'air ne se refroidisse en traversant ces parties coudées, on entoure ces portions de tuyaux d'une chemise en briques. Les tuyaux coudés qui établissent la communication entre les tuyaux horizontaux portent des oreilles et sont réunis par des boulons à écrous. Les tuyaux ont 4 centimètres d'épaisseur, et reposent sur des taquets en briques f,f , placés de distance en distance sur les voûtes plates a,b . Cette disposition permet à la flamme d'envelopper les tuyaux de tous les côtés. Le premier tuyau A n'est pas exposé immédiatement à l'action du feu; il est séparé de la grille par une voûte cintrée g , qui règne dans toute la longueur de l'appareil, et qui laisse passer la flamme par des orifices h,h . Les voûtes plates a,b portent des ouvertures i,k pratiquées aux extrémités opposées du fourneau, de manière à forcer la flamme à traverser le fourneau dans toute sa longueur, avant de passer d'un étage à l'autre. La dépense de cet appareil est de 6,2 quintaux de houille par tonne de fonte. L'air est élevé à 182 degrés.

1556. *Calorifère de l'usine de Codnor-Park*, d'après M. Dufresnoy. Cet appareil est représenté figures 9 et 10 (pl. 85). Il est composé de deux tuyaux D et E superposés, et dans lesquels sont insérés les petits tuyaux l,m , ayant les mêmes axes que les tuyaux D, E. Ces différents tuyaux sont réunis par des coudes, de telle façon que l'air, au sortir de la machine



soufflante, arrive dans le tuyau intérieur l , se rend dans l'espace annulaire no , compris entre les tuyaux D et l , passe ensuite dans le tuyau intérieur m , et se rend dans le fourneau en traversant la seconde surface annulaire pq . Cette disposition de doubles tuyaux concentriques a été adoptée pour remédier à un inconvénient grave que l'on a éprouvé à Butterley, inconvénient que présentent en général les tuyaux d'un grand diamètre; l'air s'échauffant inégalement, produit un courant d'air froid dans l'axe des tuyaux, et il devient impossible de porter l'air à une température élevée. Les tuyaux D , E sont en fonte et ont 0,70 de diamètre intérieur. Les petits tuyaux l , m sont en tôle, de 0^m,014 d'épaisseur; ils ont 0^m,48 de diamètre intérieur. La disposition du fourneau est exactement la même que celle du fourneau de Butterley; les tuyaux D et E reposent par des taquets r, r , le premier sur une voûte plate s , et le second sur une voûte cintrée t , percée d'orifices u , qui livrent passage à la flamme du foyer. L'air est chauffé dans cet appareil à 204°. La consommation de houille est de 6 quintaux par tonne de fonte.

Cette disposition est ingénieuse; elle permet de porter l'air à une température beaucoup plus élevée que si on lui faisait parcourir librement de grands tuyaux, parce qu'il est obligé de passer dans des espaces annulaires étroits dont les deux surfaces sont à une haute température. Il est important de remarquer que les tuyaux intérieurs fortement échauffés par le rayonnement des tuyaux extérieurs, constituent des surfaces de chauffe très-efficaces.

Calorifères chauffés par la chaleur perdue des fourneaux.

1557. Les figures 11 et 12 (pl. 85) représentent un calorifère de M. Taylor, placé au gueulard d'un haut fourneau. L'inspection de ces figures et de celles de la planche précédente, relatives au même appareil, suffit pour en faire comprendre le jeu. Le fourneau se charge par la porte N . L'air qui entre par cette ouverture enflamme les gaz combustibles qui se trouvent en grande quantité dans l'air chaud qui sort du gueulard.

1558. Les figures 1, 2, 3 et 4 (pl. 86) représentent un appareil placé à côté du gueulard d'un haut fourneau au charbon de bois de Was-



seralfingen (Wurtemberg). Les gaz y sont amenés par un canal latéral. L'appareil est formé de quatre murailles verticales, et fermé supérieurement par des plaques de fonte. Le tuyau parcouru par l'air qui doit être chauffé, circule horizontalement un grand nombre de fois dans le fourneau. La figure 1^{re} représente sur une grande échelle une des parties du système des tuyaux; la figure 2 une coupe verticale du fourneau, et l'élévation par un des bouts du système des tuyaux; la figure 3 une coupe verticale du fourneau et une élévation d'une rangée verticale de tuyaux; la figure 4, une coupe horizontale du fourneau et la disposition d'une rangée horizontale de tubes. Tous les joints sont à emboîtement et à ciment de fonte.

1559. La figure 5 est une coupe du calorifère employé dans un haut fourneau à la houille du Staffordshire. Cet appareil se compose de deux grands cylindres de fonte concentriques, de même hauteur et dont les rayons diffèrent de 0^m,40. L'intervalle annulaire qui les sépare est exactement fermé aux deux bouts. Le cylindre intérieur porte neuf rangées de chacune trois tuyaux, qui le traversent et viennent s'ouvrir sur sa paroi, pour être en communication par les deux bouts avec l'espace annulaire. La flamme du gueulard passe entre les intervalles des tuyaux dont elle chauffe la surface ainsi que celle du cylindre intérieur. L'air poussé par la machine soufflante arrive dans l'espace annulaire, s'écoule avec plus ou moins de vitesse dans les tuyaux, et sort par un autre tuyau qui vient s'ouvrir dans le même espace annulaire. Cette disposition ne peut pas être avantageuse, parce que l'air ne parcourt certainement pas toutes les surfaces échauffées.

1560. Dans l'usine de Wenesbury (Staffordshire) on emploie un appareil qui diffère complètement de ceux que nous venons de décrire. Il est composé d'un solide annulaire pyramidal, représenté en coupe verticale (fig. 6, pl. 86), et en plan (fig. 7), et d'une série de petits tuyaux qui s'avancent dans le fourneau. La surface intérieure *xyz* du solide annulaire, formée d'un prisme creux en fonte de 1^m,30 de diamètre et de 4 mètres de hauteur, remplace la cheminée qui surmonte ordinairement le gueulard. La surface extérieure de ce même solide présente la forme d'une pyramide à huit faces; elle est composée de plaques de tôle clouées ensemble à la manière des chaudières des machines à vapeur; son diamètre, au milieu de la hauteur, est de 2 mètres, d'où il résulte



que le vide annulaire a moyennement 0,35 de largeur. Pour que la surface extérieure de cet appareil soit garantie du contact de l'air, elle est recouverte d'une enveloppe de briques K.

Le vent, au sortir de la machine soufflante, est porté au haut du fourneau, et se répand dans un tuyau annulaire a' , placé à la hauteur du gueulard : il se divise ensuite dans huit tuyaux verticaux b', b' élevés devant les faces de la pyramide, et qui sont adaptés sur le tuyau annulaire; enfin, chacun de ces tuyaux communique avec six petits tuyaux c' , qui traversent horizontalement la surface annulaire et se prolongent jusque dans l'intérieur même du gueulard. Les tuyaux c' entrent dans des tuyaux d', d' , fermés à leur extrémité, de telle façon que l'air, dans son mouvement, est forcé de se répandre dans la surface annulaire. Ces différents tuyaux sont en fonte. La réunion des tuyaux c' sur les tuyaux de distribution b' a lieu au moyen de manchons en cuir e' . L'air, après s'être échauffé dans les tuyaux d' et dans l'enveloppe annulaire, descend vers les tuyères. L'air n'est échauffé qu'à 182°. Cet appareil est compliqué et il exige des réparations fréquentes; on ne l'a pas imité dans d'autres usines.

1561. Dans les cubilots, ou fourneaux à la Wilkinson, on chauffe également l'air d'alimentation par la chaleur perdue. Les figures 8, 9 et 10 (pl. 86) représentent un cubilot, marchant à l'air chaud, d'après M. Taylor. (*Portefeuille industriel.*) Le cubilot est construit comme à l'ordinaire; le massif AA qui le constitue est en briques, à l'intérieur il est garni de terre réfractaire pour former la cuve A', et à l'extérieur il est revêtu de feuilles de tôle A'' rivées entre elles, pressées et consolidées par des cercles de fer m . Le vent arrive successivement par les diverses tuyères a' ; on se sert de la tuyère inférieure pour commencer, et à mesure que le niveau de la fonte s'élève dans le creuset, on change de tuyère afin de souffler toujours à une hauteur convenable au-dessus du bain de métal. Les tuyères dont on ne se sert pas sont lutées avec soin, surtout quand elles ont à supporter la pression du liquide contenu dans le creuset. L'ouverture de coulée se trouve en a ; elle est toujours hermétiquement fermée par un bouchon que l'on enlève au moment de la coulée.

La seule modification que M. Taylor fasse éprouver au cubilot ordinaire est de ménager à la partie supérieure une porte B, par laquelle

on jette les charges de charbon et de fonte; mais cette ouverture est habituellement fermée par la porte en tôle b , qui se lève et s'accroche par la petite chaîne b' , pendant le temps très-court qui est nécessaire pour jeter la charge. Voici maintenant ce qui s'ajoute au cubilot pour chauffer l'air par la chaleur perdue. D'abord on établit sur son bord trois plaques épaisses de fonte superposées c, c', c'' de même diamètre que le cubilot, et percées au centre d'un trou rond un peu plus grand que le diamètre de la cuve A' ; la première c'' porte une partie saillante c'' , servant de point d'appui au ventilateur; la seconde c' a un trou central un peu plus grand que celui de la première, afin qu'elle se trouve un peu en retraite, et par conséquent protégée contre l'action de la chaleur; la troisième c a un trou central encore un peu plus grand par la même raison, mais un diamètre extérieur beaucoup plus petit, de telle sorte qu'elle laisse à découvert, sur la deuxième plaque c' , un espace annulaire de 12 à 15 centimètres. Sur cette troisième plaque c on fixe les deux cylindres concentriques en tôle D et D' ouverts par le bas, fermés en haut, et dont les bases supérieures sont réunies par une espèce de douille tout ouverte d, d . Le cylindre extérieur D' porte deux ouvertures e et e' , l'une en haut par laquelle s'introduit l'air froid, l'autre en bas par laquelle sort l'air après s'être échauffé entre les deux enveloppes D et D' . A la distance de 0^m,12 ou 0^m,15 de l'enveloppe extérieure D' , on bâtit en briques, autour d'elle, une troisième enveloppe E qui est revêtue de cercles en fer comme le cubilot lui-même; à sa base, cette dernière enveloppe repose sur l'espace annulaire que la plaque c laisse à découvert sur la plaque c' , et, à sa partie supérieure, elle est fermée par une plaque convexe en tôle ff , sur laquelle on fait une voûte en substance non conductrice; mais la plaque de tôle est percée au milieu d'un trou qui se ferme au moyen du couvercle f' , au-dessus duquel on met un bouchon en pierre G . Cette disposition sert à visiter et à nettoyer au besoin l'intérieur de l'appareil. Outre cette ouverture supérieure qui reste toujours fermée pendant les opérations, l'enveloppe E porte latéralement, à sa partie inférieure, deux autres ouvertures opposées H, H , dans lesquelles sont fixés les tuyaux de tôle I, I , qui servent de bases et de supports aux deux cheminées K, K . Les tuyaux I, I sont fermés à leurs extrémités par des bouchons i, i , qu'on enlève pour nettoyer les cheminées.

Les produits de la combustion se répandent d'abord dans la première enveloppe D, puis ils sortent par le canal *dd'*, et descendent entre le cylindre D' et l'enveloppe E pour gagner les cheminées K, K. L'air froid arrive par l'orifice *e*, circule dans l'enveloppe formée par les cylindres D et D', et passe ensuite dans la tuyère. Le tuyau MM, parfaitement cylindrique à sa partie supérieure, entre à frottement doux dans la partie inférieure du cylindre LL', de telle sorte qu'en le faisant pénétrer plus ou moins, la tuyère puisse être placée dans les différents orifices *a', a', a'*.

1562. Tous les calorifères que nous venons de décrire, excepté le premier, celui de l'usine de Vienne, ne satisfont point aux conditions que nous avons énoncées d'abord pour utiliser convenablement le combustible; aussi la plupart doivent produire très-peu d'effet utile, et par la trop petite étendue des surfaces de chauffe et par la mauvaise disposition de la double circulation de l'air à chauffer et de l'air brûlé. Mais pour ceux qui sont chauffés par la chaleur perdue des gueulards et des cubilots, comme il se dégage beaucoup plus de chaleur qu'on ne peut en utiliser, la seule condition importante à remplir, est de chauffer l'air à une température suffisante, avec les appareils les plus simples, les plus économiques et les moins sujets à de fréquentes réparations.

1563. *Calorifères chauffés par la chaleur perdue des cheminées de fourneaux ou de chaudières à vapeur.* Dans les cheminées de la plupart des fourneaux, l'air brûlé se trouve souvent à une température très-élevée, surtout quand les fourneaux sont employés, comme dans la métallurgie, à chauffer des corps solides ou à fondre des métaux. Les cheminées des chaudières à vapeur renferment souvent de l'air brûlé à une température très-élevée. Quand la fumée est à une température qui dépasse 400° il y a de l'avantage, pour le tirage, à la refroidir; à plus forte raison quand ce refroidissement produit un effet utile. Pour les cheminées des chaudières à vapeur, la température de l'air brûlé dépassant peu celle qui correspond au maximum de tirage, un refroidissement considérable diminuerait leur effet; mais comme la variation de tirage est très-lente, non-seulement dans le voisinage de la température qui correspond au maximum, mais à des distances très-grandes, et que d'ailleurs on doit toujours avoir dans les cheminées un excès de puissance résultant d'une grande section, si les cheminées ont été bien



construites, on pourra toujours abaisser au moins de moitié la température de l'air brûlé, sans diminuer le tirage, même en augmentant un peu les frottements par le passage de l'air à travers un calorifère, pourvu toutefois que l'on ouvre davantage le registre.

1564. On voit dans les figures 1 et 2 (pl. 87) une disposition très-simple d'un calorifère placé au bas d'une cheminée. L'air brûlé passe autour d'un grand nombre de tuyaux de fonte qui traversent la cheminée à sa base. L'air extérieur pénètre simultanément dans tous les tuyaux, et se rend dans une chambre à air chaud qui se trouve sur la face opposée, d'où il est dirigé dans le lieu où il doit être utilisé. Dans la figure 3, on a indiqué la disposition qu'il faudrait employer pour chauffer un plus petit volume d'air à une plus haute température. Dans les deux dernières figures, les flèches indiquent le mouvement de l'air qui s'échauffe.

1565. Les figures 4 et 5 représentent un calorifère qu'on peut facilement établir à côté des cheminées construites. Un registre tournant permet de faire passer à volonté l'air brûlé à travers le calorifère ou directement dans la cheminée. Par une disposition analogue à celle de la figure 3, on chaufferait l'air à une haute température.

1566. Le calorifère chauffé par la chaleur de la fumée de chaudières à vapeur, construit à Gisors, par M. René Duvoir, et dont il a déjà été question (1310), est composé d'un canal horizontal en briques, divisé par deux systèmes de plaques de fonte en trois étages; l'étage inférieur communique avec l'air extérieur; le troisième reçoit l'air échauffé pour le conduire dans les séchoirs; et celui du milieu est divisé, dans le sens de sa longueur, en deux parties par des caisses en fonte qui s'ouvrent dans le premier et dans le troisième étage. La première partie reçoit l'air brûlé, la seconde le conduit à la cheminée, et chacune d'elles renferme sur la face opposée aux caisses de fonte une rangée de tuyaux verticaux de même métal, qui communiquent avec l'étage supérieur et l'étage inférieur; ces tuyaux sont disposés comme ceux qu'on voit dans la planche 77. La surface de chauffe est de 72 mètres carrés pour 130 kilog. de houille brûlés par heure dans les foyers des chaudières à vapeur. Nous avons déjà dit que la fumée était reçue à 400°, et versée dans la cheminée à 200°.



§ 6. — CHAUFFAGE DE L'AIR PAR LA VAPEUR.

1567. Les appareils de chauffage à vapeur consistent toujours : 1° en un générateur de vapeur avec tous ses accessoires; 2° en tuyaux qui conduisent la vapeur dans les capacités où elle doit être condensée; 3° en appareils de condensation; 4° en tuyaux destinés à ramener à la chaudière l'eau qui provient de la condensation de la vapeur, ou à l'évacuer au dehors. Nous avons donné dans le premier volume tous les détails nécessaires sur la disposition des chaudières à vapeur, et par conséquent nous n'avons rien à dire sur cet objet; mais nous examinerons avec soin toutes les autres parties dont se compose un chauffage à vapeur.

1568. Ordinairement, les grands chauffages à vapeur ont lieu par des tuyaux parcourus par la vapeur et placés dans les salles qui doivent être échauffées; plus rarement la vapeur se condense dans des vases de différentes formes également placés dans l'intérieur des pièces; enfin, dans quelques circonstances, la vapeur est employée à chauffer l'air de ventilation. Nous nous occuperons successivement de ces trois espèces d'appareils.

1569. *Tuyaux de conduite de la vapeur.* Les tuyaux qui sont destinés à conduire la vapeur de la chaudière aux appareils de condensation, doivent être disposés de manière à n'occasionner eux-mêmes qu'une faible condensation; on ne peut cependant employer que des métaux dans leurs constructions, mais on les recouvre de matières qui transmettent difficilement la chaleur, et qui doivent être en couches épaisses, car dans certains cas, des couches minces en augmentant le pouvoir rayonnant de la surface extérieure des tuyaux, produiraient un effet contraire à celui qu'on veut obtenir. Cette enveloppe des tuyaux conducteurs est surtout importante quand une partie du trajet se trouve à l'air libre ou au-dessous du sol.

1570. Il est important que les tuyaux de conduite, sur aucune partie de leur trajet, n'aient la forme d'un siphon renversé, parce que l'eau résultant de la vapeur condensée s'y accumulerait, et produirait une pression qui pourrait avoir de graves inconvénients. Dans le cas où l'on serait obligé de donner au tuyau la forme dont il est question, il fau-

draît mettre en communication avec la partie la plus basse du tube, un vase garni d'un robinet qui permet d'évacuer de temps en temps l'eau qui s'y accumulerait.

1571. Le diamètre des tuyaux de conduite peut être déterminé comme nous l'avons indiqué (892).

1572. En Angleterre, les tuyaux de conduite de vapeur sont en fer forgé, ils ont ordinairement de 3 à 5 centimètres de diamètre intérieur. Ces tuyaux ont l'avantage de se courber facilement; on les réunit par des écrous roulants, ou par des brides à écrous. Depuis plusieurs années MM. Gandillot ont introduit en France la fabrication des tuyaux de fer étirés, et ils en livrent au commerce de tous les diamètres. En France, on emploie souvent des tuyaux en cuivre, brasés et réunis par des brides à écrous. On se sert aussi quelquefois des tuyaux de plomb; mais quand la pression de la vapeur est un peu forte, ces tuyaux augmentent insensiblement de diamètre et finissent par crever; les tuyaux de plomb étirés sont d'ailleurs bien préférables à ceux qui sont soudés.

1573. *Tuyaux de condensation.* Les tuyaux de condensation sont toujours métalliques; mais on ne les construit qu'en tôle, en fonte ou en cuivre. On n'emploie jamais le plomb, parce qu'il est trop mou, et que la continuité de la pression le déchire; l'étain, parce que, indépendamment de cet inconvénient, il est trop cher; le fer-blanc, parce qu'il s'altère trop facilement; et le zinc, parce que les soudures ne pouvant être faites qu'à l'étain, l'inégale dilatation des deux métaux fait casser les tuyaux. Maintenant on emploie presque exclusivement la fonte, parce que les appareils reviennent à un prix moins élevé, et qu'ils n'exigent pas de soupapes de rentrée d'air (reniflards) qui s'opposent à leur écrasement quand on suspend l'émission de la vapeur et qu'il se forme un vide partiel intérieur. Cependant les appareils en cuivre sont plus faciles à placer, ils conservent une plus grande partie de leur valeur primitive lorsqu'ils sont hors de service, et leur prix n'excède pas de beaucoup celui des appareils en fonte, à cause de la faible épaisseur des tuyaux de cuivre.

On prétend que les tuyaux à vapeur en cuivre donnent une odeur métallique qui n'est ni agréable, ni salubre. Si ce fait était vrai, aucune considération ne pourrait faire préférer ce métal à la fonte pour le chauffage des habitations; mais tout fait présumer qu'il n'est pas exact et qu'il doit être rangé au nombre des préjugés, car il existe beaucoup



d'ateliers chauffés à la vapeur par des tuyaux de cuivre, et je n'ai jamais entendu dire que l'on se fût plaint d'une mauvaise odeur due au métal. Clément regardait aussi le chauffage par les tuyaux de cuivre comme étant sans aucun inconvénient, car sa maison d'habitation et son cabinet étaient chauffés par des tuyaux de ce métal.

1574. La quantité de chaleur transmise à travers l'enveloppe d'une capacité remplie de vapeur, est sensiblement indépendante de la nature et de l'épaisseur du métal; car, dans le chauffage à vapeur, la surface intérieure des vases est mouillée d'une lame mince d'eau stagnante, et comme la quantité de chaleur émise par l'autre surface par le rayonnement et par le contact de l'air, est très-petite relativement à celle qui pourrait être transmise par la plaque métallique, il s'ensuit nécessairement que la surface extérieure est sensiblement à la température de la surface intérieure, quelle que soit l'épaisseur du métal. Si le liquide qui mouille la surface intérieure des tuyaux, et l'air extérieur se renouvellent avec une très-grande vitesse, il n'est pas douteux que l'influence de la nature et de l'épaisseur du métal se manifesterait; mais il faudrait certainement que ces deux fluides se renouvelassent avec une prodigieuse vitesse pour que les quantités de chaleur transmises fussent en raison inverse des épaisseurs des tuyaux, pour la même différence de température, à l'intérieur et à l'extérieur, et pour que, dans les mêmes circonstances, ces quantités de chaleur fussent proportionnelles aux facultés conductrices des matières qui forment les tuyaux.

1575. Mais l'état de la surface extérieure a une influence très-grande sur la quantité totale de chaleur transmise; car la chaleur rayonnée varie proportionnellement au pouvoir émissif. Par exemple, le fer-blanc acquiert une faculté condensante double, lorsqu'on recouvre sa surface de noir de fumée, ou d'une feuille de papier huilée, ou seulement d'une couche de colle de poisson.

1576. D'après des expériences faites par Tredgold sur le refroidissement de vases pleins d'eau exposés à l'air, et rapportées dans son ouvrage sur le chauffage, les quantités de vapeur condensées par heure et par mètre carré dans des tuyaux de différentes substances exposés à l'air libre à 15°, sont :