

compris qu'en renversant la flamme on évite son refroidissement par mélange d'air froid.

La cheminée de Franklin ne permet pas non plus l'indépendance du chauffage et de la ventilation, comme celle de Gauger, elle lui est donc de tous points fort inférieure.

L'art du chauffage par les cheminées est donc, à l'époque de Franklin, déjà en décadence, et les principes posés par Gauger commencent même à n'être plus compris et pratiqués.

Nous allons voir ce mouvement rétrograde s'accroître à mesure que cet art national s'appuiera sur les théories et les expériences des physiciens étrangers, Franklin et Rumford.

Cheminée de Montalembert, fig. 5. — En 1763, le général marquis De Montalembert, ancien ambassadeur de France en Russie, fit connaître une cheminée tout à fait nouvelle qu'il désigna sous le nom de cheminée poêle.

C'est, en effet, une sorte de poêle dont le tuyau de fumée serpente plusieurs fois verticalement dans toute la hauteur d'un massif en maçonnerie, faisant saillie dans la pièce comme le massif des poêles du Nord. Mais il diffère notablement du poêle, en ce qu'il n'a point de foyer fermé et que le feu est porté en avant et rendu apparent.

Le tirage de ce long circuit de fumée est parfaitement assuré au moyen d'un ingénieux système de soupapes, dont la fermeture complète, après l'extinction du feu, s'oppose au refroidissement rapide de la maçonnerie.

Cet appareil présente donc des qualités réelles, il empêche la chaleur du feu de s'échapper trop vite, et la grande masse de maçonnerie qu'il chauffe, assure ainsi un très-lent refroidissement de la pièce. Remarquons aussi que cet important perfectionnement de la cheminée, est encore dû à un français, et qu'il a été proposé beaucoup plus tard, comme une nouveauté, par un prussien, Sachtleben, dans un ouvrage intitulé : *L'art d'économiser le bois*, publié en 1792, vingt-neuf ans après la publication de Montalembert !

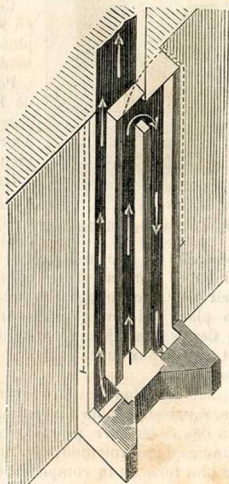


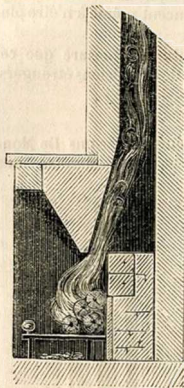
Fig. 5. — Cheminée de Montalembert.

Cheminée de Rumford, fig. 6. — Nous sommes arrivés aux dernières années du XVIII^e siècle; les phénomènes de la combustion jusqu'ici ignorés viennent enfin d'être dévoilés et mis en lumière par l'illustre et malheureux Lavoisier; il paraîtrait donc naturel que l'art du chauffage, en s'appuyant désormais sur ces nouveaux principes scientifiques, dut progresser rapidement. Le contraire se produisit cependant, et une décadence complète fut le résultat de ce manque d'application des excellents principes qui venaient d'être découverts.

En 1796, le célèbre Rumford publie à Londres ses essais politiques et économiques, il y décrit une nouvelle cheminée de son invention, qui repose sur l'application de deux principes fort simples: Avancement du foyer dans la pièce

et rétrécissement par deux parois verticales obliques, de l'ouverture de départ de la fumée à la partie inférieure du tuyau d'échappement.

Rumford, qui paraît avoir attaché beaucoup d'importance à ces prétendues inventions, semble avoir ignoré les travaux de Gauger ; il néglige donc l'établissement de toute prise d'air extérieur, et il ne cherche point à utiliser la grande quantité de chaleur qui s'échappe avec la fumée, et cela en pleine connaissance de cause, car il constate lui-même que la chaleur qui s'évapore avec la fumée est *trois ou quatre fois* plus forte que celle qui émane du feu sous forme de rayons. Il avoue donc naïvement ainsi qu'il n'a pas su tirer parti de cette chaleur.



Rumford nous ramène donc de deux siècles en arrière, et sa cheminée est bien inférieure à la cheminée de Savot, et ne peut-être comparée même de loin à celle de Gauger.

Ces cheminées eurent cependant une grande vogue en France, et c'est encore aujourd'hui le modèle le plus généralement suivi, on l'a seulement légèrement modifié par l'adjonction d'un châssis à rideau.

Pourtant si on examine sérieusement la cheminée de Rumford, on ne peut s'empêcher d'y voir un appareil tout à fait défectueux, par l'absence de prise d'air et la grande perte de calorique résultant du manque de bouches de chaleur.

La cheminée de Rumford est très-sujette à fumer, car le feu est avancé dans la pièce, et aucune prise d'air ne vient assurer l'alimentation du tirage qui peut devenir insuffisant quand les portes ferment bien. Tel est l'appareil grossier et arriéré qui a valu au comte de Rumford, le singulier honneur d'être considéré chez nous comme l'homme qui a le plus fait pour le chauffage des habitations privées ; et qui lui a permis de prendre la place qui revient justement à Gauger.

Certes il faut bien reconnaître dans Rumford un physicien de premier ordre, et ses travaux sur la chaleur ont une valeur exceptionnelle qui suffit à illustrer son nom.

Mais il ne faut pas en conclure, contre toute justice, qu'on lui doive aussi de la reconnaissance pour l'invention d'appareils qu'il n'a su que faire rétrograder, au lieu de les faire progresser, et, loin de voir dans la cheminée de Rumford l'indice d'une voie nouvelle, nous ne devons donc y reconnaître que la preuve la plus forte de la complète décadence qui frappa l'art du chauffage par les cheminées au commencement du XIX^e siècle.

Cheminée de Pécelet n° 1, pl. I. — N'ayant point ici l'intention de faire l'historique complet de l'art du chauffage, nous laisserons donc de côté une foule d'appareils sans intérêt et nous arriverons tout de suite aux seules cheminées remarquables inventées pendant le XIX^e siècle.

En 1828 paraît un ouvrage d'une haute valeur scientifique et pratique ; le traité de la chaleur, par Pécelet, alors professeur à la faculté des sciences de Marseille, et plus tard professeur fondateur à l'école Centrale des arts et manufactures de Paris. Dans cet important ouvrage, Pécelet, donne la description d'une cheminée ventilatrice, où la chaleur emportée par la fumée se trouve être utilisée pour l'échauffement d'un courant d'air pur introduit de l'extérieur. A cet effet la fumée se trouve forcée de s'élever, en partant du foyer, dans un



tuyau métallique vertical, placé dans le corps ordinaire du tuyau en maçonnerie de la cheminée. Ce tuyau métallique montant ainsi jusqu'à la hauteur du plafond de la pièce, échauffe par le contact de sa paroi l'air pur d'accès qui l'enveloppe entièrement du haut en bas; cet air pur introduit de l'extérieur, s'échauffant rapidement, devient plus léger et il pénètre dans la pièce à la hauteur du plafond, il peut donc échauffer par contact les murailles de la pièce, et redescendre refroidi et plus lourd vers l'ouverture du foyer, après avoir ainsi parcouru méthodiquement toutes les parties du local à chauffer.

Pécelet, par cette invention, semble vouloir reprendre les saines idées de Gauger. Mais il paraît avoir ignoré les travaux de ce physicien éminent, et il produit une cheminée bien inférieure à celle de Gauger. Il néglige d'abord d'assurer l'indépendance du chauffage et de la ventilation, et il ne tire aucun parti de la chaleur de contact des parois inférieures du foyer, dont l'action est fort énergique; il emploie pour échauffer son tuyau vertical un courant de fumée mélangé à une grande quantité d'air froid, ce qui diminue considérablement la température de ce courant, désormais à trop basse température pour pouvoir échauffer suffisamment le tuyau métallique et l'air pur enveloppant ce tuyau. Il n'obtient donc enfin qu'un courant d'air nouveau trop faiblement échauffé.

Cheminée de Pécelet n° 2, pl. 1. — Aussi Pécelet paraît avoir attaché peu d'importance à cette invention et, dans la deuxième édition de son traité, 1843, après avoir reconnu les inconvénients de cette disposition, il pose en principe que: « Les meilleurs appareils de cheminée 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 quatre tourniquets, l'appareil s'enlèverait d'une seule pièce pour le ramonage, et se replacerait avec une grande facilité ».

C'est d'après ce programme que Pécelet donne dans sa 3^e édition, 1861, la description de l'appareil que nous donnons ici pl. 1.

Il se compose d'une caisse en tôle renfermant le foyer, derrière lequel se trouvent des tubes verticaux, disposés en quinconce, établissant une communication de la caisse inférieure, ou prise d'air, avec une caisse à air chaud supérieure.

Le foyer est séparé des tuyaux par une plaque de fonte qui peut s'enlever facilement pour le nettoyage. Le courant des gaz chauds sortant du foyer se recourbe par dessus cette plaque, circule en descendant autour des tubes qu'il échauffe fortement et s'échappe enfin dans la cheminée par une ouverture placée au point le plus bas. Un orifice muni d'un registre sert à établir le tirage quand on allume le feu.

L'air froid, venant de l'extérieur entre dans la caisse inférieure, s'échauffe dans les tuyaux en tôle et autour de la caisse à fumée, et vient se dégager dans l'appartement par une ouverture horizontale grillagée pratiquée au sommet de la caisse à air chaud. Une plaque mobile permet de faire passer sur le combustible la proportion d'air qu'on juge convenable, tout en laissant visible une grande partie du feu. Cet appareil peut se placer sans modifications dans une cheminée ordinaire, et comme il peut s'enlever tout d'une pièce, il ne gêne nullement le ramonage.

Cette cheminée de Pécelet offre de grandes analogies avec la cheminée de Franklin, elle est toutefois beaucoup mieux combinée sous le rapport des larges proportions données à la prise d'air. Mais elle présente toujours le défaut de ne pouvoir permettre l'indépendance du chauffage et de la ventilation.

Péclet reconnaît lui même (n° 2175) : « que l'effet utile obtenu eût été plus considérable s'il eût pu réussir à éviter le mélange d'air froid avec la fumée, mais il s'est trouvé arrêté par la condition de laisser le foyer visible. Il s'introduit ainsi dans la cheminée un volume d'air qui ne sert pas à la combustion, et qui, refroidissant la fumée, diminue beaucoup l'effet des tubes calorifères ».

La cheminée de Péclet est certainement le meilleur appareil mobile que nous connaissions, mais elle est loin d'être parfaite, et bonne pour le chauffage d'une petite pièce, elle ne saurait suffire à celles qui demandent à la fois un chauffage énergique et une puissante ventilation.

Cheminée de Belmas, pl. I. — En 1832, le n° 11 du Mémorial de l'officier du génie, contient un remarquable travail du capitaine Belmas sur les perfectionnements des cheminées de caserne.

Après avoir conseillé pour ces édifices l'emploi des tuyaux unitaires, (système que nous n'admettons en aucun point), il arrive à s'occuper des perfectionnements des foyers de cheminées et il conseille, la disposition suivante : « Il est facile d'entourer le foyer, d'une cheminée ordinaire, quelle qu'elle soit, de cavités en fonte, en tôle, en carreaux de terre cuite, ou en pierre argileuse; en se servant des parois en briques comme enveloppe extérieure et comme soutien de l'enveloppe intérieure, afin de donner à celle-ci toute la solidité convenable; mais si l'on met en communication l'espace compris entre ces enveloppes et la caisse servant de manteau qui doit entourer le tuyau à fumée, qu'on fasse arriver de l'air froid par la partie inférieure du foyer, et qu'on ouvre dans la caisse des bouches de chaleur au niveau du plafond, on aura ainsi un courant rapide d'air chaud dans l'appartement et la plus grande surface de chauffage qu'il soit possible d'avoir dans une cheminée. Ce système de circulation est applicable à toutes espèces de cheminées; nous avons pris pour exemple celle de Rumford dans le projet indiqué, que l'on peut perfectionner encore en y ajoutant sur le devant un tablier mobile en tôle ou en fonte.

Quand à la disposition des conduites d'air, c'est un petit problème à étudier dans chaque localité sur un plan détaillé de la cheminée, en ayant égard aux matériaux dont on pourra disposer; mais comme c'est particulièrement des dimensions qu'on donnera à ces conduites que dépendent les résultats de l'appareil, nous devons entrer à ce sujet dans quelques détails.

On doit admettre en principe qu'il est beaucoup plus avantageux de chauffer un grand volume d'air à une faible température, qu'un petit volume à une température élevée : 1° parce que le volume d'air qui se renouvelle sur les surfaces de chauffe étant plus considérable, une même étendue dans le même temps laisse passer plus de chaleur; 2° parce que l'air étant à une plus basse température accélère le refroidissement des surfaces.

Il est donc avantageux de donner aux conduites d'air d'un calorifère de grandes sections, et d'y déterminer une grande vitesse, afin qu'elles débitent un volume d'air suffisant, ce n'est qu'ainsi que l'on pourra élever d'une manière sensible la température d'un appartement.

Ici la masse d'air à introduire par les bouches de chaleur doit être à peu près égale à celle que débiterait le tuyau de fumée s'il communiquait librement par le bas avec l'atmosphère, afin qu'il n'y ait pas un appel sensible d'air froid par les joints des portes et des fenêtres; nous obtiendrons ce résultat en donnant à la conduite de prise d'air une section à peu près égale à celle du tuyau à fumée.

Sous le rapport de la salubrité on pourrait peut-être désirer que les bouches de chaleur qui débitent l'air neuf fussent situées au niveau du sol, et que l'air vicié par la respiration pût se dégager par le plafond; mais cette disposition n'a pas à beaucoup près autant d'importance qu'on pourrait le croire, car l'appel

da la cheminée fait descendre et mélanger les couches d'air avant leur départ par le foyer.

Quant à l'effet utile que l'on peut obtenir au moyen de cette disposition, il serait trois ou quatre fois plus grand que dans une cheminée ordinaire (1); en effet, l'appareil se trouve ainsi transformé en un véritable poêle, où les surfaces de chauffe extérieures, se trouvant entourées d'une enveloppe entre laquelle passe un courant rapide d'air, cèdent plus facilement leur chaleur que si elles étaient exposées à l'air libre, on doit faire attention à ce que les conduites présentent sur tous les points une section convenable, la fonte est préférable à la tôle pour les surfaces de chauffe.

Si l'on doit faire usage de la houille, il est bon de rétrécir le foyer de manière à n'offrir que l'espace nécessaire pour recevoir une grille en forme de panier. Les cavités qui entourent le foyer seront alors plus grandes, et on pourra plus facilement les disposer pour la circulation de l'air. La houille brûlant à une haute température et donnant beaucoup de chaleur rayonnante, chauffera fortement les parois du foyer; l'emploi de ce combustible est par conséquent favorable au chauffage de l'air; mais comme la fonte, si elle se trouve en contact avec le brasier, serait bientôt détruite par l'action du feu, il faut avoir soin que le combustible ne touche pas immédiatement les parois du foyer, Belmas.»

Les longs détails qui précèdent et qui sont extraits textuellement du travail du capitaine Belmas, ont surtout pour but principal de faire comprendre que ce savant officier a donné, dès 1832, toute la théorie et les proportions détaillées des *cheminées ventilatrices* que la commission anglaise des casernes et hôpitaux militaires a cru pouvoir exposer en 1867 à Paris, au nom du capitaine du génie anglais Douglas-Galton, et qu'elle a appliquées sous ce nom aux casernes et hôpitaux anglais. Cette cheminée qui a donné des effets utiles s'élevant jusqu'à 35 % est donc bien encore d'invention française, et tout l'honneur de son invention appartient sans contestation possible au capitaine du génie français Belmas, mort colonel en 1864.

Cheminée Belmas, type Doulas-Galton. — Nous empruntons au général Morin (2), la description des expériences qu'il a faites sur ce type ingénieux de la cheminée Belmas :

« J'ai fait connaître dans le premier volume de mes *Études sur la ventilation* la disposition des cheminées dont l'usage a été adopté par le gouvernement anglais pour le chauffage et la ventilation des chambres des casernes; mais, à l'époque où je publiai ces études, je n'avais pas eu d'occasion de faire des expériences sur les résultats que l'on peut obtenir avec ces appareils au double point de vue de l'évacuation de l'air vicié et de la rentrée de l'air nouveau.

Afin de m'éclairer sur la valeur de ces cheminées, dont la construction me paraît constituer un progrès notable des appareils de chauffage, j'en ai fait venir une du modèle simple destiné aux chambres de soldats, et je l'ai fait installer au Conservatoire des arts et métiers, dans une pièce de dimension moyenne, ayant 5^m,14 de longueur sur 3^m,94 de large et 4^m,46 de hauteur, et par conséquent 90^m°,33 de capacité.

Ces cheminées en fonte, dont la disposition est due à M. Douglas-Galton, du corps royal des ingénieurs militaires, se composent d'un foyer fait pour brûler de la houille ou du coke, garni sur ses parois intérieures de briques en terre

(1) Cet excellent résultat a été constaté par le général Morin, sur des cheminées Belmas du type Douglas-Galton qui rendent 35 %, quand les cheminées ordinaires ne donnent que 10 à 12 %.

(2) *Annales du Conservatoire*, tome V.

réfractaire, destinées à conserver assez de chaleur pour faciliter l'entretien et le renouvellement du feu. Ce foyer porte à sa partie postérieure des appendices plans qui augmentent la surface d'émission de la chaleur. La grille n'a qu'une surface égale au tiers environ de celle du foyer, ce qui modère l'activité du feu et par suite la consommation de combustible.

Cette cheminée, d'une construction fort simple, doit être complètement isolée du mur qui reçoit le conduit de fumée de manière qu'il existe entre la partie

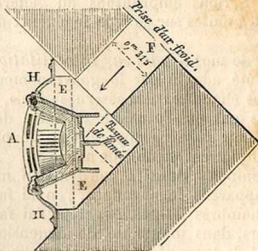
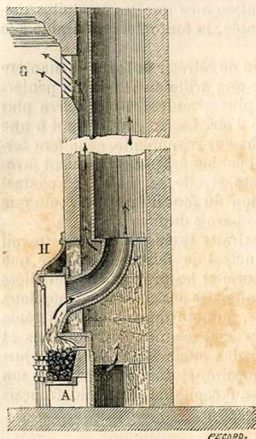


Fig. 7. — Cheminée Belmas, type Douglas-Galton

et même pour le ramonage, si on est obligé d'enlever le foyer.

Il est convenable que la prise d'air extérieur soit garnie d'une toile métallique à très larges mailles, et, dans les habitations privées, munie d'une porte ou d'un registre qui permette de la fermer. Mais, dans les casernes, il ne faut pas que cette fermeture soit à la disposition des soldats, qui ne manqueraient pas de la clore toujours.

postérieure de son foyer et ce mur un intervalle libre et clos destiné à former une chambre à air, EE, dans laquelle, par une ouverture F, pratiquée, près du sol, dans le mur; l'air extérieur peut s'introduire et s'échauffer au contact du foyer de ses appendices en fonte et du tuyau de fumée, qui doit être dans toute la hauteur de la pièce isolés des murs aussi complètement que possible.

La chambre à air est plongée jusqu'au plafond et à sa partie antérieure ou sur ses faces on ménage un orifice G, auquel on adapte une garniture en fonte, munie de cloisons analogues à celles d'une persienne et inclinées de manière à diriger l'air affluent vers le plafond, afin que sa vitesse s'éteigne en tourbillonnements, avant qu'il ne rentre dans le courant inférieur déterminé par l'appel de la cheminée.

L'appareil est composé de trois pièces, le foyer proprement dit A, le tuyau de fumée et le manteau H.

Le foyer est posé sur le plancher ou sur une aire en briques, préparée pour le recevoir et circonscrite par une galerie en fonte. Il reçoit le tuyau de fumée, qui lui est réuni par des boulons, et les instructions recommandent de garnir avec soin le joint avec du mastic de minium, pour éviter le passage de la fumée. Ce tuyau est engagé dans le conduit proprement dit de la cheminée, qui doit autant que possible être isolé des murs, comme nous l'avons dit.

Le manteau H est placé en avant du foyer, auquel il est fixé par des vis; ce qui permet de l'en séparer et de le retirer pour le nettoyage de la chambre à air,

La garniture de briques réfractaires est un peu isolée du fond du foyer et présente même un orifice entre les deux briques supérieures. Cette disposition a pour objet de permettre l'établissement d'un petit courant d'air, qui, s'introduisant par le cendrier, vient déboucher au-dessus du combustible pour brûler en partie la fumée. Il est au moins douteux que le résultat soit obtenu, et, si le courant d'air est actif, il enlève inutilement de la chaleur au fond du foyer destiné à échauffer l'air à introduire.

Proportion des orifices et des conduits pour le passage de l'air. — Dans les instructions rédigées par M. Douglas-Galton, les proportions de cette partie de l'appareil sont réglées d'après la capacité des chambres de casernes, qui est de 16^m³,80 par homme, et d'après le volume d'air à renouveler fixé à 33^m³,60 par homme et par heure; mais, pour l'étude qui nous occupe, ce sont plutôt les rapports de ces proportions entre elles et aux volumes d'air écoulés qu'il s'agit d'étudier et de comparer.

La section du conduit de fumée de la cheminée est de 530^{cent}², et le volume d'air écoulé ayant été, comme on le verra, de 513^m³, en moyenne par heure, ou de 9^m³,142; en 1' la vitesse moyenne d'écoulement a été de 2^m,60 en 1', ce qui suffit pour assurer la stabilité du tirage, malgré l'action du vent.

La proportion de cette section pourra donc être déterminée d'après le volume d'air à évacuer, par la condition que la vitesse moyenne soit de 2^m,50 à 3^m,00 en 1'.

L'orifice d'admission dans la chambre à air doit être au moins égal en superficie à la section de la cheminée, et si, au lieu d'ouvrir directement à l'extérieur, comme dans nos expériences, il est placé à l'extrémité d'un conduit de plusieurs mètres de longueur, passant sous des planchers ou dans les épaisseurs des murs, il sera bon de lui donner une section un peu plus grande.

Dans nos expériences, cet orifice avait 634^{cent}², ce qui était plus que suffisant.

L'instruction anglaise recommande de clore la chambre à air à hauteur de la partie supérieure du manteau par une tablette en pierre, percée d'une ouverture dont la section ne soit que les deux tiers de celle du tuyau qui doit amener l'air nouveau dans la pièce. Le motif énoncé de cette disposition est d'opposer un obstacle aux effets des bourrasques extérieures qui pourraient accidentellement produire des introductions trop brusques dans l'intérieur. L'étrangement, ainsi ménagé dans le passage de l'air, peut bien effectivement atténuer un peu l'effet des bourrasques; mais il a l'inconvénient de gêner, en tous temps, le passage de l'air nouveau, qu'il convient au contraire de favoriser le plus possible.

L'usage d'un registre en permettant de modérer, selon le temps et l'activité du feu, l'introduction de l'air extérieur, nous paraît préférable, et il nous semble aussi qu'il conviendra presque toujours de supprimer la tablette, et de prolonger la chambre à air jusqu'au plafond, pour profiter de toute la chaleur que l'air pourra emprunter au tuyau de fumée.

La surface totale de la grille est à peu près les 0,40 de la section de la cheminée, et la surface libre pour le passage de l'air en est le dixième; ce qui modère la consommation de combustible et suffit pour l'entretien du feu.

Effets de l'appareil. — D'après la description succincte que nous venons de donner, il est facile de concevoir les effets de cet appareil.

L'action du feu allumé dans le foyer détermine, comme dans les cheminées ordinaires, l'appel et l'évacuation de l'air intérieur de la chambre et subsidiairement la rentrée d'un certain volume d'air nouveau, qui s'échauffe en parcourant la chambre à air.

La proportion de ces deux volumes d'air entre eux dépend de celles des orifices, de l'activité du feu, du nombre des portes et des fenêtres, de leur clôture

plus ou moins parfaite; mais, dans l'état habituel, le volume d'air ainsi introduit échauffé peut s'élever à 0.80 et plus du volume d'air évacué.

L'appareil offre donc l'avantage de restreindre dans une proportion considérable l'appel, parfois si gênant, que les cheminées occasionnent par les joints des portes et des fenêtres, et d'introduire dans les appartements de l'air chaud au lieu d'air froid. La température de l'air affluent est d'ailleurs d'autant plus modérée que son volume est plus grand, et dans les expériences elle a été de 30° à 36° au plus. La vitesse d'arrivée, dirigée vers le plafond, étant d'ailleurs, comme nous venons de le dire, complètement éteinte par les tourbillonnements, l'on ne ressent nullement son influence.

Cheminée Fondet, pl. I. — Un des systèmes les plus usités à Paris est dû à l'architecte français Fondet.

Cet appareil consiste essentiellement en un faux contre-cœur formé d'un faisceau de tubes carrés, en fonte, disposés en quinconce de façon qu'une râclette puisse être introduite pour le nettoyage entre leurs rangées.

Ces tubes inclinés sont reliés et maintenus à leurs extrémités par deux tubes cylindriques horizontaux dont l'inférieur forme prise d'air extérieur, et le supérieur forme une conduite d'air chaud ouverte aux deux bouts, formant ainsi deux bouches de chaleur latérales. Cet appareil peut rendre quelques services, mais son effet est bien faible; le général Morin, qui l'a soumis à des expériences précises ne lui a trouvé qu'un effet utile total de 20 % environ, du combustible, dont 12,5 % dus à l'action du rayonnement ordinaire du combustible, et 7,5 environ pour l'effet utile de l'air chauffé dans les tubes.

La ventilation qu'il procure est également minime; le général Morin ne l'évalue qu'à 25m³ par kg. de houille brûlée, ce qui est complètement insuffisant pour la salubrité, nous pensons donc que l'usage de cet appareil ne doit pas être conseillé.

M. Cordier, de Sens, a cherché à perfectionner cet appareil et il est parvenu à en rendre le nettoyage plus facile, mais l'effet utile n'en a pas été augmenté.

Cheminée Besana, pl. I. — L'appareil Besana est à flamme renversée. La disposition de la surface de chauffe est assez ingénieuse, elle consiste en un faisceau de tubes verticaux présentant une grande surface au contact de l'air nouveau. Mais ils peuvent rougir et donner alors lieu à une production, d'oxyde de carbone, par diffusion.

D'un autre côté, les courants de flamme renversée ne doivent pas échauffer tous les tubes régulièrement, car on sait que quand un courant doit suivre plusieurs tuyaux montants il se porte toujours vers ceux qui lui offrent le moins de résistance.

L'appareil Besana n'en est pas moins d'un système assez curieux, car les tubes de chauffe ne recevant que de la flamme, doivent avoir une puissance de chauffage fort énergique, qui peut être facilement multipliée par l'emploi d'un grand nombre de tubes donnant par leur développement une grande surface de chauffe directe, sous un faible et peu encombrant volume total.

Cheminée Berne, pl. I. — Un architecte de Paris, V. Berne, est l'inventeur d'un foyer de cheminée en fonte, construit par la maison Ducel, qui nous paraît bien combiné pour un chauffage modéré, exempt d'oxyde de carbone, et dont la simplicité permet une pose facile, tout en lui assurant une durée prolongée. Le même architecte est aussi inventeur d'un appareil fumifuge dit trisiphon, pour têtes de cheminées, qui donne d'excellents résultats contre



l'action refoulante des vents violents. Employé à Dunkerque au bureau de l'ingénieur du port, il a pu empêcher toute rentrée de fumée dans un local exposé à des vents excessifs, et où tous les appareils ordinaires avaient été essayés sans succès.

Cheminée Joly, pl. I. — Elle se compose d'une coquille en fonte occupant trois faces de l'âtre, ces trois faces se réunissent à la partie supérieure en forme de demi coupole. L'orifice supérieur de cette coquille peut communiquer directement avec le tuyau à fumée, ou par l'intermédiaire d'un tambour en tôle qui allongeant le circuit des gaz chauds augmente la surface de chauffe. Cette coquille en fonte est cannelée et ondulée, elle est munie de nervures extérieures augmentant la surface de contact de l'air chaud et abaissant suffisamment la température de la fonte pour qu'il n'y ait pas à craindre l'introduction de l'oxyde de carbone.

Le conduit de prise d'air est à large section, ce qui assure une abondante ventilation.

Enfin le conduit de fumée est muni d'une trappe qui permet de régler le tirage.

Cette cheminée nous paraît donc très-recommandable et parfaitement hygiénique.

Son inventeur Ch. Joly, est l'auteur d'un fort estimable traité pratique de chauffage et de ventilation, où l'on trouvera de plus amples détails sur sa cheminée.

Cheminée Wazon, pl. I. — Il est parfaitement prouvé par des expériences directes, dues à Pécelet et au général Morin, que l'air chaud et la fumée évacués par les cheminées ordinaires emportent près de 90 % de la chaleur totale fournie par la combustion de la houille, et près de 94 % de celle du bois.

Pour perfectionner et augmenter le rendement calorifique de la cheminée, c'est donc cette perte qu'il faut spécialement étudier avec soin, en cherchant les causes qui la font naître et les remèdes qui pourraient l'atténuer ou la faire disparaître.

Les causes qui font naître cette perte considérable de chaleur résident évidemment dans le rejet et le départ immédiat de la colonne des gaz chauds, qui, dans le plus grand nombre de nos cheminées, sont évacués sans qu'on cherche à tirer parti de leur chaleur pour échauffer soit l'air de la pièce, soit, ce qui vaudrait mieux encore, l'air neuf nécessaire au tirage et à la ventilation.

C'est donc dans cette voie rationnelle : utilisation de la chaleur des gaz de la combustion avant leur départ, qu'il faut chercher un remède atténuant les énormes pertes des cheminées ordinaires.

Pour récupérer en partie la chaleur emportée par la fumée on fait ordinairement circuler cette fumée, déjà beaucoup trop refroidie par son mélange trop hâtif avec l'air vicié, dans des conduits métalliques entourés et mis au contact d'un courant d'air pur, introduit de l'extérieur, qui s'échauffe aux dépens de la chaleur de la fumée. Mais l'économie ainsi réalisée est faible.

En effet, ces conduits métalliques sont mis en contact d'un côté avec un mélange d'air frais vicié et de fumée, enduisant promptement la surface intérieure d'une couche épaisse de suie non conductrice, puisque par sa nature pulvérulente elle empêche la propagation des vibrations calorifiques; tandis que de l'autre côté ils sont en contact avec de l'air pur qui doit atteindre 40 à 50°; ils ne peuvent donc transmettre qu'une faible quantité de chaleur, car on sait que cette transmission à travers des parois solides est proportionnelle à la différence de température des deux faces de la paroi.

Pour supprimer ce double inconvénient il faudrait donc : éviter de faire passer de la fumée et de la suie dans le conduit récupérateur, afin d'éviter les dépôts de suie non conductrice; et augmenter considérablement la température des gaz brûlés passant dans ce conduit, afin d'obtenir une transmission de chaleur suffisamment énergique par les surfaces métalliques.

Pour empêcher la fumée et la suie de se déposer il faut s'opposer à leur formation, il suffira évidemment pour cela d'obtenir dans le foyer une combustion complète et parfaitement fumivore.

Pour augmenter fortement la température des gaz brûlés venant du foyer et passant dans le récupérateur, il faudra nécessairement diminuer le volume de ce courant de gaz échauffant et le réduire au minimum; comme on le fait depuis longtemps dans tous les appareils de chauffage à foyer fermé, tels que les poêles, calorifères, etc.

Le volume maxima d'air brûlé, venant du foyer qu'on doit laisser passer dans le conduit du récupérateur se trouve donc ainsi réduit au volume d'air rigoureusement nécessaire pour la combustion complète.

Les conditions principales d'une bonne récupération de la chaleur des gaz du foyer par l'air pur introduit de l'extérieur peuvent donc se résumer ainsi: 1° absence de fumée dans le courant des gaz du foyer, obtenue par une combustion complète, ce qui supprime tout dépôt de suie non conductrice; 2° volume d'air chaud brûlé admis dans le conduit de chauffe réduit à la quantité suffisante pour une bonne combustion.

On va voir que la cheminée que nous avons inventée satisfait à ces conditions nécessaires:

Nous avons simplement pratiqué une seule ouverture au bas du dossier de la grille ordinaire des foyers découverts, à cette unique ouverture nous avons ajusté et boulonné un seul et unique conduit métallique récupérateur montant verticalement, dans un coffrage spécial d'air nouveau, jusqu'à la hauteur du plafond, point où les gaz brûlés sont enfin rejetés dans le conduit ordinaire de fumée, après avoir transmis au conduit métallique la presque totalité de leur chaleur; ce conduit métallique est muni, à la base, d'une soupape réglant le tirage du feu.

En ouvrant cette soupape tous les gaz brûlants du foyer passent à travers la masse du combustible porté au rouge et s'élèvent rapidement dans le conduit métallique qu'ils échauffent fortement, puisqu'aucune portion d'air ne peut s'y introduire sans avoir forcément traversé le combustible du bas de la grille toujours porté au rouge.

Il est également impossible qu'aucune parcelle de fumée ou de suie s'y introduise et s'y dépose, car on a vu que l'ouverture de départ des gaz brûlés est placée au bas du dossier de la grille; le combustible frais étant toujours, comme à l'ordinaire, chargé par dessus, il en résulte que toute la fumée et les gaz combustibles produits par le combustible nouvellement chargé, sont également forcés de passer à la base du foyer, au travers du combustible de la charge précédente qui est toujours porté à la chaleur rouge.

Cette fumée et ces gaz se brûlent donc complètement sans produire d'oxyde de carbone, car ils sont portés à une haute température et mis en contact avec l'oxygène comburant qui afflue suffisamment par dessous et par dessus la grille.

Notre système de cheminée satisfait donc, croyons-nous, aux conditions indispensables à la réalisation d'une bonne et méthodique récupération par l'air pur introduit de l'extérieur, qui sont comme on l'a déjà vu: suppression des dépôts de suie dans le conduit du récupérateur, et haute température de ce conduit.

Cette disposition rationnelle évitant la sujétion des nombreux et incommodes



nettoyages, et de plus le précieux avantage de procurer un tirage maxima extrêmement énergétique, permettant de brûler dans les meilleurs conditions les menus de houilles, le coke et l'anhracite; combustibles qu'il est difficile d'utiliser dans les foyers ordinaires à faible tirage.

Pour compléter cette disposition fondamentale il nous a fallu satisfaire à d'autres conditions fort importantes: Il faut d'abord empêcher toute introduction d'oxyde de carbone par diffusion au travers des surfaces métalliques du conduit du récupérateur.

Pour obtenir ce résultat indispensable (ainsi qu'on le verra quand nous traiterons des poêles métalliques) nous avons fait passer l'origine du conduit métallique du récupérateur dans le tuyau ordinaire de la cheminée, et la suite de ce conduit de chauffe dans le coffrage d'air pur nouveau. Il en résulte que la seule partie du conduit métallique exposée à rougir *par un feu trop violent*, est complètement isolée du contact de l'air nouveau et qu'elle ne peut par conséquent y laisser passer l'oxyde de carbone par diffusion, n'y décomposer l'acide carbonique de l'air nouveau en le transformant en oxyde de carbone (Payen), ainsi que le font presque tous les poêles et calorifères métalliques.

Il faut aussi éviter, avec grand soin, que l'air pur récupérant s'échauffe à un trop haut point.

Nous y avons pourvu par l'emploi d'un large et haut coffrage d'accès d'air pur, disposé verticalement et de toute la hauteur de la pièce, ce qui a pour effet d'augmenter la vitesse et le volume de l'air chaud introduit et pour conséquence nécessaire un abaissement de la température de cet air chaud.

La température de l'air pur introduit peut-être *instantanément* modifiée par la simple manœuvre de la soupape du conduit de chauffe, conduit qui peut-être tenu froid en fermant complètement sa soupape.

Nous obtenons par cette simple manœuvre un résultat précieux, qui consiste dans l'indépendance instantanée et réciproque du chauffage et de la ventilation.

Indépendance complétée par la manœuvre également fort simple des registres permettant l'entrée dans le coffrage récupérateur soit de l'air pur extérieur en quantité plus au moins grande suivant la ventilation désirée et le nombre de personnes présentes. Ou admettant au contraire dans ce coffrage récupérateur, après fermeture du registre d'air extérieur, l'air de la pièce même, qui peut y pénétrer par le bas et en sortir par le haut, en échauffant ainsi l'appartement par une simple circulation d'air chaud sans ventilation, quand elle n'est pas nécessaire, exemples: avant l'arrivée des invités dans une salle de réception, ou avant l'arrivée des élèves dans une classe, ce qui permet un échauffement rapide et produit une économie de combustible.

Cette indépendance réciproque et instantanée peut rendre de grands services dans les locaux exposés à de fortes et brusques accumulations de personnes ou de lumières, comme les salons de réception, cercles, etc. Car si par une cause quelconque, la température de ces locaux vient à s'échauffer ou à se refroidir brusquement; brusquement aussi on peut rafraîchir ou réchauffer l'air pur introduit, et en faire varier le volume en proportion utile.

Un vase d'évaporation placé dans le coffrage d'air permet également de faire varier rapidement l'état hygrométrique de l'air de la pièce dans la proportion voulue.

Enfin, dans les pièces encombrées et très-éclairées qu'on désire rafraîchir énergiquement, il devient nécessaire à ce moment d'extraire par en haut l'air chaud et vicié; car en se bornant dans ce cas, comme on le fait presque toujours, à extraire l'air par le bas de la pièce, on n'en tire que l'air le plus frais qui se tient toujours au ras du sol, vu sa plus forte densité, et le plus pur,

car c'est au plafond que se porte toujours de préférence l'air chaud vicié de la respiration ainsi que les gaz irrespirables et souvent toxiques produits par la combustion plus ou moins complète des matières éclairantes; contrairement à une *opinion* assez répandue mais qui ne s'appuie sur aucune expérience scientifique; les expériences d'analyse chimique dues à l'immortel Lavoisier, à Gay-Lussac et Humboldt, d'Arcet, Félix Leblanc, Lassaingne, Coulier, Reid, Roscoe, Angus Smith, Arnolt, Pettenkofer, Urbain; ont cependant nettement établi depuis longtemps que l'acide carbonique produit par la respiration et la combustion complète, et l'oxyde de carbone produit par la combustion incomplète, se portent et se cantonnent toujours dans la partie supérieure des pièces habitées et éclairées; et qu'au contraire l'oxygène, ce gaz si indispensable à notre respiration, était plus abondant au niveau de leurs parquets.

On sait d'un autre côté que la chaleur se porte toujours vers le plafond et qu'il y a souvent des différences de plus de 40° entre le parquet et le haut de la pièce.

Tous ces effets bien constatés scientifiquement agissent tous dans le même sens, en s'ajoutant ainsi sans aucune compensation ils réalisent au plafond et vers le haut des pièces une somme d'inconvénients intolérables, (dont on a l'exemple le plus frappant dans les galeries hautes des théâtres).

Il devient donc on le voit indispensable, à tous les points de vue, d'opérer l'extraction de l'air chaud et vicié par la partie supérieure de la pièce, car si on voulait l'extraire par en bas, comme on le fait trop souvent, on rabattrait ainsi l'air vicié et la chaleur dans la zone de la respiration et on empoisonnerait les occupants tout en les échauffant au maximum.

Nous avons donc, pour certaines salles spéciales qui exigent parfois un énergique rafraîchissement, appliqué et joint à notre cheminée le dispositif de pris d'air vicié par en haut déjà conseillé par Pécelet (1); dispositif qui consiste en un coffrage latéral au foyer (faisant pendant au coffrage récupérateur), prenant l'air du haut de la pièce, le conduisant en descendant derrière la grille du foyer où il s'échauffe et gagne enfin rapidement et régulièrement le tuyau central ordinaire de la cheminée.

Notre type de cheminée ainsi complété nous paraît remplir toutes les conditions d'hygiène et d'économie réclamées par les applications les plus compliquées.

Si nous considérons par exemple un des cas les plus difficiles: chauffage et ventilation d'un salon de réception, nous obtiendrons avec cette cheminée les effets suivants, qui sont reconnus nécessaires et qu'on ne peut obtenir des cheminées ordinaires.

Dans un salon de réception il faut d'abord chauffer la pièce au degré voulu avant l'arrivée des invités. Pour cela il n'est pas besoin de ventilation, il suffira donc d'abord de chauffer l'air de la pièce en le faisant circuler dans le coffrage récupérateur, la prise d'air extérieur étant en ce moment tenue fermée, l'échauffement sera rapide et économique.

Aussitôt l'arrivée des invités il faudra ouvrir la prise d'air et ventiler la pièce en fournissant un volume variable d'air pur à la température désirée fraîche ou chaude en passant par tous les degrés intermédiaires, et cela se fera d'une façon instantanée puisqu'il suffira d'un simple tour de clef donné à la soupape du tuyau de chauffe pour l'ouvrir à la chaleur du feu, ou le fermer en le maintenant froid.

Le registre d'air nouveau pouvant être plus ou moins ouvert, permet de

N. B. — Ce dispositif n'est pas indispensable partout, et le type plus simple à un seul coffrage nous paraît suffisant pour les applications ordinaires.

régler aussi instantanément le volume d'air pur introduit. On est donc complètement à même de pouvoir régler en deux secondes, la température et le volume de l'air nouveau entrant.

Le registre d'air vicié placé aussi à portée de la main peut régler, en un instant, le volume d'air vicié sortant à volonté par en bas pour échauffer la pièce, ou par en haut, en un instant, pour la rafraîchir, car il suffit pour cela d'abaisser le rideau ordinaire de la cheminée qui vient alors masquer complètement le feu en l'empêchant de rayonner dans la pièce, et d'ouvrir le registre d'air vicié pris au plafond.

On est donc toujours maître avec cette cheminée :

- 1° De chauffer la pièce sans ventilation, avec rapidité et économie;
- 2° De régler instantanément le volume et la température de l'air entrant;
- 3° De régler instantanément le volume et le sens d'extraction, par en haut ou par en bas, de l'air vicié.

Le tout s'obtient rapidement et sans même s'éloigner de la cheminée où toutes les clefs de réglage sont à la portée de la main. Nous avons donc la sincère conviction d'avoir réalisé par ce type de cheminée toutes les conditions imposées par les préceptes de l'hygiène.

D'un autre côté nous croyons avoir fait franchir un grand pas à la question économique, car des expériences précises portent l'effet utile de notre cheminée à près de 75 %, soit environ six fois l'utilisation des cheminées ordinaires chauffées à la houille, et plus de dix fois celles chauffées au bois.

POÊLES

Les poêles sont des appareils de chauffage à foyer clos, évitant ainsi le mélange de l'air froid avec les gaz de la combustion qui circulent à leur sortie du foyer dans une série de canaux verticaux ou horizontaux et s'y dépouillent de la plus grande partie de leur calorifique grâce à la conductibilité des parois de ces canaux.

Il est clair que cette disposition de foyer clos évitant le mélange nuisible de l'air froid, donne un résultat maximum d'échauffement par rayonnement des surfaces de chauffe et par contact, car le volume d'air introduit sous la grille du foyer étant réduit au minimum nécessaire à la combustion complète, il en résulte que la température des gaz est portée au maximum, ce qui a pour effet d'augmenter considérablement l'effet des surfaces de chauffe; et d'un autre côté il en résulte forcément aussi que la quantité de chaleur emportée et rejetée dans l'atmosphère par les gaz comburés, est réduite le plus possible puisque ce volume des gaz est lui-même un minimum.

Les poêles sont donc des appareils de chauffage essentiellement économiques et à l'inverse de la cheminée ordinaire au bois qui n'utilise que 6 % environ, les poêles peuvent utiliser jusqu'à 94 % de la chaleur des combustibles.

On comprend donc leur emploi général dans les pays très-froids où la cheminée ordinaire ne pourrait suffire, car avec des froids vifs le tirage et la ventilation des cheminées ordinaires deviennent excessifs et la plus grande partie de la chaleur s'échappe avec les gaz de la combustion, qui disparaissent rapidement en causant par leur appel de violents courants d'air froid par toutes les fissures des portes et des fenêtres.

Le chauffage par la cheminée ordinaire étant on le voit intolérable dans les pays froids, on a dû songer depuis longtemps à le remplacer par des appareils plus efficaces et à foyer fermé, évitant ces courants d'air froid par les fissures.

Les poêles paraissent être d'origine allemande, car les plus anciens se rencontrent dans les constructions allemandes de l'époque de la Renaissance.

Ces appareils nous semblent avoir été inspirés par l'hypocauste des Romains, dont on trouve des exemples dans tous les pays qu'ils ont occupés, et qui consistait en une série de canaux horizontaux placés sous le sol des pièces du rez-de-chaussée, qu'ils échauffaient ainsi facilement et régulièrement par la circulation des gaz provenant d'un fourneau à foyer fermé placé également au-dessous du sol.

Il était naturel d'employer ces appareils pour les appartements du rez-de-chaussée. Mais il était fort difficile de l'appliquer au chauffage des pièces des étages supérieurs. Il eût fallu des voûtes très-épaisses pour supporter et contenir tous ces conduits en maçonnerie et cela était peu praticable.

On dut alors, tout naturellement, songer à modifier la direction de ces canaux de chauffage, et au lieu de les faire onduler dans un plan horizontal on les établit le long d'un des murs de la pièce,

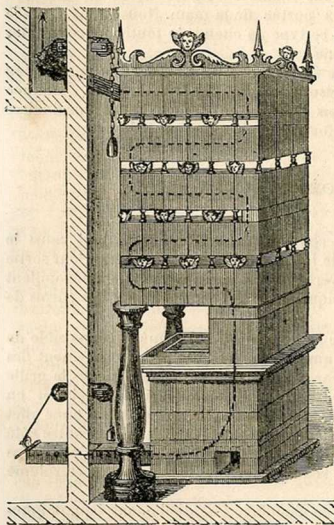


Fig. 8. — Poêle Kessler.

en repliant le conduit dans un plan vertical plusieurs fois sur lui-même, on fit déboucher ce conduit dans une cheminée verticale par où la fumée put s'échapper, en produisant le tirage pendant la combustion, tirage qui fut réglé par une soupape à contre-poids permettant la fermeture complète de la cheminée aussitôt la combustion achevée, afin d'éviter le refroidissement du poêle par un courant d'air froid intense.

L'origine de ce conduit amenant l'air nécessaire à la combustion fut placée en dehors de la pièce, comme dans l'hypocauste des Romains, afin d'éviter dans celle-ci le rabattement de la fumée au moment de l'allumage, car le tirage d'un conduit de fumée plusieurs fois replié sur lui-même est difficile à établir et donne souvent lieu à une fumée gênante au moment de l'allumage.

Cette origine du conduit fut également munie d'une soupape à contre-poids réglant le tirage et pouvant aussi clore complètement l'origine du conduit pour en empêcher le refroidissement.

Enfin, cet appareil est muni d'un bassin d'eau dont l'évaporation s'oppose au dessèchement de l'air de la pièce.

Le poêle allemand était donc complètement trouvé; et c'est ainsi que l'Allemand Franz Kessler (fig. 8) le décrit dans un ouvrage paru à Francfort-sur-le-Mein, en 1519.

Les poêles Kessler sont encore employés dans tout le Nord de l'Europe, sous des formes différentes, circulations verticales ou horizontales, mais reposant toujours sur les mêmes principes. Ils présentent les avantages d'un chauffage économique et prolongé, car la masse de leur maçonnerie en s'échauffant à un



dégré élevé emmagasine une grande quantité de chaleur pendant un chauffage énergique mais d'une durée assez courte.

Si on suppose la température du poêle égale à 200° , sa maçonnerie de briques retiendra $2,000 \text{ kg.} \times 0, \text{ cal. } 20 \times 200^{\circ} = 80,000$ calories par mètre cube. Or, il n'est pas rare de rencontrer dans le Nord, en Russie, en Suède, des poêles qui renferment plusieurs mètres cubes de maçonnerie, ils contiennent donc une provision de chaleur considérable, qui peut suffire à un chauffage continu et prolongé longtemps après l'extinction complète du feu dans l'appareil.

Poêles Métalliques. Poêles dits de faïence, pl. II. — Les poêles allemands ne sont pas employés en France et en Angleterre, pays où le froid est généralement peu rigoureux, et où la cheminée est généralement préférée. On y emploie cependant pour les antichambres et les salles à manger un appareil qui se rapproche du poêle allemand, en ce qu'il est formé d'une enveloppe de maçonnerie et de faïence qui peut retenir une assez grande quantité de chaleur permettant un chauffage prolongé.

Mais il diffère des poêles du Nord par son foyer et ses conduits de chauffe ordinairement construits en fonte comme on peut le voir pl. II.

Cette disposition loin d'être un progrès, offre au contraire de sérieux inconvénients, car la cloche en fonte et les conduits sont exposés à rougir avec un feu peu vif, et il peut en résulter, par un phénomène de diffusion, une introduction de gaz oxyde de carbone dans l'appartement. Cet appareil fort improprement appelé poêle de faïence n'est donc qu'un mauvais poêle de fonte dont l'usage aujourd'hui fort répandu doit être abandonné à cause de son insalubrité bien démontrée, ainsi qu'on le verra plus loin.

Poêles de fonte. — Les poêles de fonte sont beaucoup employés en France, en Angleterre, et en Belgique, pour le chauffage économique des logements d'ouvriers, des casernes, hôpitaux, ateliers, etc; ils y produisent un chauffage insalubre, car généralement mal construits ils atteignent souvent la température rouge et ils donnent alors lieu, comme les poêles précédents, à une introduction et une production par contact de gaz oxyde de carbone dont on connaît l'influence éminemment toxique, car nous avons déjà dit (chauffage direct) que la très-faible dose de $\frac{1}{1000}$ de ce gaz dans l'air suffit pour donner la mort; ils sont donc essentiellement dangereux.

La production d'oxyde de carbone par les poêles de fonte portés au rouge, ayant été énergiquement contestée nous croyons donc utile de l'établir par des preuves expérimentales irrécusables, dues à des savants illustres et complètement désintéressés dans la question commerciale et industrielle, puisqu'ils ne sont ni marchands, ni constructeurs d'appareils de chauffage.

Les premières expériences sont dues à MM. Sainte-Claire, Deville et Troost, (comptes-rendus de l'Académie des Sciences, janvier 1868.)

Une cloche en fonte de $0^{\text{m}},015$ d'épaisseur formant foyer avec tuyau d'échappement de fumée fut entourée d'une autre cloche en fonte, qui reposait dans des rainures ménagées à la base de la première. Les joints des cloches et des tuyaux furent lutés avec soin. Deux tubulures, ménagées à la cloche enveloppe mettaient l'intervalle des deux cloches en communication avec un appareil d'analyse des gaz qui pouvaient s'y introduire.

Les résultats des analyses de ces gaz ont établi le mélange de l'oxyde de carbone à l'air aspiré dans une proportion qui s'est élevée jusqu'à 0,00132. Ce qui constituait déjà un mélange fortement toxique puisqu'il était supérieur au millième, dose qui suffit pour causer la mort. Ces expériences déjà décisives ont

été continuées par le général Morin et Urbain, et par Claude Bernard et Gréhant.

Ces expérimentateurs, sur les conseils du regrettable Claude Bernard, ont fait respirer à des lapins, l'air ayant passé sur des surfaces de fonte portées au rouge sombre seulement. L'analyse du sang de ces lapins a nettement établi la présence de l'oxyde de carbone dans leur sang et la diminution de l'oxygène de ce même sang dont l'oxyde de carbone avait pris la place.

L'air respiré par ces lapins ne contenait cependant qu'une faible dose d'oxyde de carbone, 0,0014 seulement.

Ces expériences faites en présence et sous la direction d'un savant de la valeur de Claude Bernard nous paraissent tout à fait concluantes, car on sait que cet éminent physiologiste avait spécialement étudié à fond l'action de l'oxyde de carbone sur le sang, et que ses leçons sur l'asphyxie par la vapeur de charbon sont considérées comme un modèle de méthode et de science expérimentale. Nous terminerons donc l'étude de cette grave question d'hygiène en citant les lignes finales de ce savant travail (Leçons sur l'asphyxie par Claude Bernard, Paris 1875, p. 528).

« Pour compléter, au point de vue de l'hygiène, ce que nous avons dit précédemment de l'empoisonnement par l'oxyde de carbone, nous reproduisons ici quelques-unes des conclusions d'un travail de M. le général Morin sur l'insalubrité des poêles en fonte ou en fer exposés à atteindre la température rouge.

« Ce travail résume une série d'expériences entreprises pendant les années 1868 et 1869 au conservatoire des arts et métiers : il montre qu'il existe dans l'air qui a passé sur de la fonte ou sur du fer portés au rouge des proportions notables d'oxyde de carbone; pour le fer cette proportion n'est que la cinquième de celle que l'on a observé avec la fonte.

« Relativement à l'influence de ces proportions d'oxyde de carbone sur les organismes vivants :

« Les effets que produit la présence dans l'air d'une certaine quantité d'oxyde de carbone, se manifestent à l'intérieur dès les premiers instants où l'animal y est soumis, et varient d'intensité avec les proportions du gaz toxique.

« A faible dose, on remarque d'abord un engourdissement, une sorte de pesanteur de la tête, qui vont en croissant et dégénèrent en une somnolence ou un laisser-aller général, l'appétit disparaît. A mesure que la proportion d'oxyde de carbone s'accroît, les mouvements nerveux, la paralysie apparaissent et l'anesthésie devient complète. Mais, comme nous l'avait aussi, dès l'origine, indiqué M. Claude Bernard, ces symptômes produits, même par de fortes doses de gaz toxique, disparaissent promptement dès que les animaux sont soustraits à son action par leur exposition à l'air libre, et leur rétablissement semble complet.

« Or, si les symptômes graves et caractéristiques qui se produisent quand un individu est exposé à l'action d'une atmosphère viciée par une proportion notable d'oxyde de carbone lui permettent de s'y soustraire et d'en éviter le danger par l'exposition immédiate à l'air libre, il n'en est plus de même quand, la proportion de gaz toxique étant très-faible, l'on ne sait à quelle cause attribuer le malaise indéfinissable que l'on éprouve et que par suite même de l'engourdissement, de la mauvaise disposition où l'on se trouve, on hésite à se déplacer et l'on reste exposé aux effets d'une intoxication lente.

« Aussi croyons-nous que c'est surtout par leur usage continu, par l'élévation momentanée mais trop souvent répétée de leur température, que les poêles en fonte et ceux en fer sont particulièrement dangereux dans les habitations de peu de capacité, contenant un trop grand nombre d'individus et dans



« lesquelles l'air n'est pas suffisamment renouvelé. Nous pensons que l'oxyde de carbone, dont la présence a été constatée lorsqu'on s'est servi de poêles en fonte, peut provenir de quatre origines différentes et parfois concourantes, savoir :

« La perméabilité de la fonte pour ce gaz qui passerait de l'intérieur du foyer à l'extérieur.

« L'action directe de l'oxygène de l'air sur le carbone de la fonte chauffée au rouge.

« La décomposition de l'acide carbonique contenu dans l'air, par son contact avec le métal chauffé au rouge.

« L'influence des poussières organiques naturellement contenues dans l'air. »

Après l'exposé de ces savantes recherches et des conclusions d'un savant aussi compétent que le professeur Claude Bernard, il paraît inutile de citer les *opinions* de beaucoup de gens qui n'ont fait à ce sujet aucune expérience, et encore moins les objections intéressées des constructeurs d'appareils de chauffage,

Nous croyons au contraire que ces constructeurs auraient beaucoup mieux à faire que de discuter l'évidence même; ce serait tout simplement de trouver le moyen d'empêcher la fonte de leurs appareils de rougir, même au rouge sombre, puisque c'est à ce rouge naissant qu'on a constaté la production de l'oxyde de carbone.

Un certain nombre de constructeurs intelligents sont largement entrés dans cette voie rationnelle, et ils ont obtenu des résultats fort encourageants dont nous parlerons plus loin.

Avant de décrire leurs appareils ils nous faut signaler deux tentatives faites pour supprimer radicalement l'introduction d'oxyde de carbone par la fonte.

On a d'abord songé à remplacer ce métal par le fer qui est bien moins perméable à l'oxyde de carbone; mais on a bientôt reconnu à la suite des expériences de Payen, que le fer porté au rouge décompose l'acide carbonique de l'air normal ou vicié, s'empare d'une partie de son oxygène, et transforme ainsi l'acide carbonique en oxyde de carbone. Il a donc fallu renoncer à cet expédient après constatation de ces effets.

La seconde tentative, qui a mieux réussi, consiste à remplacer la fonte par la terre cuite.

Un ingénieur constructeur, le professeur E. Muller a, en effet, construit des poêles céramiques dont les bons effets hygiéniques ont été constatés par des expériences faites aux Arts et Métiers sous la direction du général Morin.

Nous en donnons planche II, un modèle, exposé en 1878, qui a le précieux avantage d'opérer la ventilation de la pièce, en y introduisant de l'air pur non mélangé de gaz toxiques et en extrayant l'air vicié au moyen d'une gaine enveloppant le tuyau à fumée dont la chaleur assure l'efficacité du tirage de la gaine d'air vicié.

Poêle de Vendevre, pl. II. — Le poêle de Vendevre, à combustion prolongée, nous paraît bien combiné.

Le combustible contenu dans une colonne spéciale exposée au contact de l'air de la pièce ne peut pas distiller, et si cet effet se produisait exceptionnellement par un feu trop vif, la disposition du haut de la colonne qui débouche dans le tuyau à fumée s'opposerait complètement à l'introduction des gaz toxiques dans la pièce. Enfin, cette colonne n'est plus exposée à rougir et à se détruire rapidement, comme dans certains poêles à colonnes internes, et de plus elle devient surface de chauffe, ce qui augmente l'effet du poêle.

La disposition en V, de sa grille, permet de se débarrasser des mâchefers sans

démonter le feu et elle assure un libre accès à l'air comburant et évite la production de l'oxyde de carbone.

Enfin, une disposition spéciale assure l'évacuation de l'air vicié de la pièce par une gaine renfermant le tuyau à fumée. Tous ces détails bien compris font du poêle de Vendevre un appareil qui nous paraît d'un bon emploi et dont l'usage peut être recommandé.

Poêles calorifères. — Nous désignerons sous ce nom tous les poêles à grandes surfaces de chauffe, qui peuvent être placés dans les pièces à chauffer, ou dans une chambre d'air chaud formant réservoir distributeur de chaleur pour plusieurs pièces et au besoin pour toute une habitation.

Nous décrirons plus loin les calorifères de cave, à air chaud, qui ne peuvent être placés dans les pièces, et nous étudierons en même temps les dispositions spéciales à employer pour distribuer l'air chaud dans les différentes pièces à chauffer.

Nous ne parlerons donc point de cette distribution en décrivant les poêles calorifères, afin d'éviter d'inutiles répétitions.

Poêles calorifères, Gurney, pl. II. — Un ingénieur anglais, Gurney, dans le but d'abaisser la température de la fonte tout en augmentant sa surface de contact (car il faut bien se rappeler que l'air ne s'échauffe guère que par contact) a imaginé de garnir les poêles de fonte d'ailettes verticales en saillie sur la surface extérieure de ses appareils, ce principe qui paraît dû à l'ingénieur anglais Sylvester, réussit en effet à diminuer la température des parois en fonte, mais il n'est pas suffisant pour les empêcher de rougir; aussi Gurney y a joint un autre dispositif beaucoup plus énergique, qui consiste à faire plonger la partie inférieure des ailettes verticales dans une rigole annulaire remplie d'eau; l'énergique refroidissement causé par l'évaporation de cette eau, abaisse fortement la température de ces ailettes et de la paroi qui les supporte, mais cette disposition ingénieuse et le grand inconvénient d'introduire dans les pièces une grande masse de vapeur d'eau qui vient se condenser sur les vitres et les murailles en causant une humidité intolérable.

On voit donc que le système Gurney n'est guère praticable que par des temps très-secs et qu'il est complètement insuffisant pendant les jours humides si fréquents à Paris.

Car pour éviter l'humidité on ne met plus d'eau dans la rigole ce qui donne lieu comme avec les anciens poêles à une production d'oxyde de carbone.

Nous pensons donc que l'usage des poêles Gurney doit être abandonné dans les contrées humides.

Poêle calorifère, Cuau aîné (exposé en 1878), pl. II. — Le poêle Cuau, ingénieur constructeur, à Paris, nous paraît beaucoup mieux compris; il est armé d'ailettes creuses dont l'action refroidissante est fort énergique car elles sont nombreuses et rapprochées. Elles sont d'une plus grande solidité car elles s'épaulent mutuellement en formant un triangle de grande résistance.

Un garnissage intérieur en terre réfractaire préserve la partie inférieure du poêle contre l'action trop violente du feu et l'empêche de rougir.

Un bassin annulaire placé au bas de l'appareil permet, pour les temps secs d'introduire une humidité suffisante. Mais les ailettes ne trempent point dans ce bassin comme dans le poêle Gurney, il en résulte qu'elles ne peuvent être cassées par le contact de l'eau froide, ce qui arrive souvent avec le poêle Gurney.

Enfin la dilatation des différents anneaux composant le poêle étant complètement libre, aucune rupture ne s'y produit.

Par toutes ces raisons, nous croyons le poêle calorifère Cuau susceptible de nombreuses applications.

Poêle calorifère français; Geneste et Herscher, ingénieurs-constructeurs, à Paris. — Cet ingénieux appareil est composé d'un foyer garni de terre réfractaire

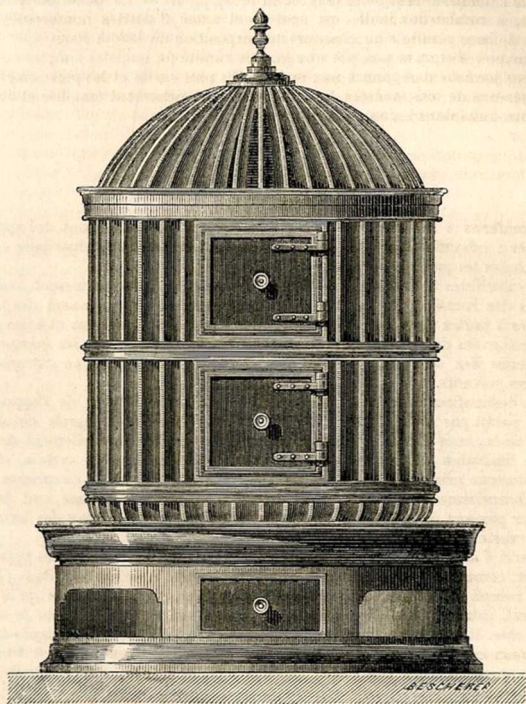


Fig. 9.

assurant sa durée et empêchant la fonte de rougir au voisinage du feu. Ce foyer repose sur un socle formant cendrier, portant un vase annulaire qu'on peut emplir d'eau dans les temps secs, afin d'humidifier l'air au point convenable.

Le foyer est surmonté de plusieurs bagues annulaires en fonte, à dilatation libre.

Ces bagues sont munies de nervures verticales extérieures venues de fonte avec leur paroi cylindrique, et présentent ainsi une surface de chauffe entièrement

verticale, à l'abri des ruptures puisque la dilatation de tout l'appareil est complètement libre et que les ailettes ne trempent pas dans l'eau; les bagues pourraient du reste en cas d'accident être facilement remplacées puisqu'elles sont simplement superposées. Par toutes ces raisons pratiques le calorifère français nous paraît donc mériter la faveur dont il est l'objet depuis quelques années.

Poêle calorifère, Musgrave (exposé en 1878), pl. II. — Le poêle Musgrave, de Belfast, à combustion lente, est également armé d'ailettes nombreuses; il a donné de bons résultats au concours de l'exposition de 1867 à Paris.

La maison Musgrave possède une grande variété de modèles simples et riches qui nous paraissent répondre aux emplois les plus variés et les plus somptueux; quelques-uns de ces modèles fort élégants sont richement émaillés et peuvent être introduits dans les appartements les plus luxueux.

CALORIFÈRES A AIR CHAUD.

Calorifères à air chaud. — Les calorifères à air chaud sont des appareils destinés à échauffer l'air pur introduit de l'extérieur et à le distribuer ensuite dans toutes les parties des édifices.

Les calorifères à air ont une origine fort ancienne, ils paraissent avoir été connus des romains, car certains hypocaustes antiques contiennent des tuyaux destinés à porter l'air chaud à une certaine distance du fourneau et à des pièces assez éloignées de l'hypocauste. Le général Morin a publié dans les mémoires de l'Académie des sciences, 1874; un travail sur ce sujet, nous en extrayons les passages suivants, voir pl. II.

« La destination principale d'une grande partie des tuyaux de l'hypocauste ne me paraît pas avoir été de concourir au chauffage par la simple circulation de la fumée, mais bien à la salubrité des salles par le renouvellement de l'air, et à la limitation de la température, par l'introduction d'un certain volume d'air nouveau pris à l'extérieur, et modérément chauffé par sa circulation dans leurs branchements disposés, soit au-dessus du foyer lui-même, soit dans le premier passage de la fumée, voisin du foyer, soit enfin le long des parois de l'hypocauste.

Je ferai d'abord remarquer que la partie inférieure verticale de ces tuyaux ne pouvait, comme le disent quelques auteurs, plonger et déboucher dans l'hypocauste rempli de fumée, puisqu'alors ils auraient, par les orifices qu'ils présentaient, introduit dans les salles cette fumée, qui en aurait rendu le séjour intolérable. Il est d'ailleurs facile de reconnaître à l'examen de quelques-uns de ces tuyaux en terre cuite, dont la surface intérieure assez unie, est très-bien conservée, qu'ils n'ont pas donné passage à de la fumée, qui y aurait laissé des traces.

L'air qu'ils étaient destinés à introduire venait donc de l'extérieur, et l'on comprendra aisément comment il pouvait être modérément chauffé avant son débouché dans les salles.

A l'hypocauste de la carrière du roi, (forêt de Compiègne) un certain nombre de ces tuyaux, sans ouvertures latérales, ont été trouvés dans le premier passage de fumée, et devaient être placés à la partie supérieure en une ou plusieurs couches horizontales, ou même au-dessus du foyer pour recevoir directement l'action de la flamme. Il pouvaient d'un côté communiquer avec l'air extérieur, au-delà du foyer, dont ils formaient la couverture ou la voûte, et l'autre, avec



d'autres tuyaux horizontaux et verticaux; ces derniers, par leurs extrémités supérieures ouvertes et par leurs orifices latéraux, distribuèrent à l'intérieur l'air nouveau et pur, modérément chauffé, tant au pourtour du sol que sur les parties élevées des salles, » et plus loin : « ces tuyaux, de 0^m,32 de longueur, qu'on scellaient les uns sur les autres pour donner au conduit la longueur nécessaire, étaient donc disposés de manière à assurer l'introduction de l'air en veines minces parallèles aux murs, sans que cette affluence put être incommode aux personnes.

Ici, encore nous trouvons pratiquées, il y a des siècles, par les romains, les règles auxquelles la théorie et l'expérience nous ont conduits.

Un passage de Sénèque le philosophe nous apprend que ces hypocaustes à circulation d'air chaud étaient en usage dans les habitations :

« De mon temps on a fait des découvertes du même genre. Comme des tubes logés dans l'épaisseur des murs, pour diriger et répartir également dans la maison une chaleur douce et égale. »

Nous devons donc constater que les calorifères à air chaud ont une origine Romaine. On sait d'ailleurs que l'hypocauste était employé en Chine dès la plus haute antiquité et qu'il y est encore en usage de nos jours.

L'origine primitive de l'appareil qui a donné naissance au calorifère remonte donc à une époque extrêmement reculée.

Nous devons cependant constater que l'hypocauste chauffant le sol des pièces est un assez mauvais appareil au point de vue économique, car une grande partie de la chaleur des conduits de fumée se perd inutilement dans la terre, dont le pouvoir conducteur est souvent considérable.

Une expérience tentée récemment (1) pour comparer l'effet du chauffage au moyen d'un pavement chauffé, avec l'effet d'une cheminée ventilatrice, a démontré qu'avec le pavement chauffé, la salle se maintenait à une température d'environ 18° degrés au-dessus de la température extérieure, avec une consommation de 28 kil. de houille et de 56 kil. de coke ; tandis que la cheminée ventilatrice ne consommait que 37^k,5 de houille ; c'est-à-dire que le pavement se chauffait au prix de 4^k,45, alors que la cheminée ventilatrice n'exigeait qu'une dépense de 1^k,65. Le chauffage par le sol étant on le voit fort cher, nous paraît peu praticable et nous pensons que pour les serres de jardin, en particulier, où on l'emploie trop souvent, il vaudrait mieux le remplacer par un thermosiphon.

Les perfectionnements importants apportés aux hypocaustes par les romains restèrent cependant longtemps inappliqués, et il nous faut arriver jusqu'à la fin du dix-huitième siècle pour rencontrer une application du calorifère à air chaud, qui fut faite en Angleterre par Strutt, en 1792, dans ses manufactures de coton, et à l'hôpital de Derby. Cet appareil assez compliqué paraît avoir donné d'assez bons résultats. En France Désarnod a construit ses calorifères à cloche dans les premières années du XIX^e siècle.

Calorifère de Chabannes, pl. II. — A la fin de l'empire, un français réfugié à Londres, le marquis de Chabannes, inventa un excellent calorifère à surfaces de chauffe tubulaires verticales, très-développées. Cet ingénieux appareil réalisait déjà un progrès considérable dont on cherche en vain la trace dans presque tous nos calorifères modernes. Nous voulons signaler l'importante disposition qui permet l'indépendance de toutes les bouches de chaleur ; indépendance souvent indispensable pour une bonne et régulière distribution de l'air chaud dans toutes les pièces et aux différents étages des habitations.

(1) Congrès d'hygiène de Bruxelles, tome I. p. 429, 1876.

On doit avoir remarqué que le tirage des cheminées des pièces du rez-de-chaussée est beaucoup plus fort que celui des cheminées des étages élevés. Donc si dans une pièce des étages inférieurs il y a un feu vif dans la cheminée, cette cheminée attirera la plus grande partie de l'air chaud fourni par le calorifère ; cet effet de tirage pourra même être assez énergique pour attirer l'air froid des pièces supérieures et le faire descendre par les conduits du calorifère.

L'effet inverse pourra se produire si on ne fait pas de feu au rez-de-chaussée car les colonnes d'air chaud du calorifère ont un plus grand tirage quand elles desservent les étages supérieurs, puisque leur hauteur est plus grande.

Tous ces fâcheux effets sont sûrement évités avec la disposition de Chabannes, qui isole chaque conduit d'air chaud, et empêche ainsi toute communication d'une pièce à l'autre.

Nous devons donc nous étonner de ne pas voir cet excellent principe appliqué plus souvent par nos intelligents constructeurs. Enfin, le calorifère de Chabannes était muni d'une cône en fonte qu'on pouvait emplir de combustible pour longtemps, c'était donc déjà un assez bon modèle de calorifère à alimentation continue, disposition qu'on a cru réinventer récemment et qui nous paraît devoir être attribuée au marquis de Chabannes.

Calorifères modernes. — Avant de décrire les calorifères à air chaud modernes, il nous paraît utile d'exposer les conditions principales de leur construction, afin qu'on puisse apprécier les avantages et les inconvénients de ceux que nous décrirons.

Dans un calorifère à air chaud il y a deux fonctions bien distinctes à étudier : la première consiste dans la production de la chaleur et la circulation méthodique de la fumée ; la seconde comprend la prise d'air pur, son échauffement rationnel, et enfin sa distribution régulière aux différentes pièces à chauffer.

Étudions d'abord la première fonction : production et circulation des gaz chauds comburés. Il est important que le foyer des calorifères offre une grande capacité, et une grande surface de *coup de feu*, car sa surface étant plus étendue atteindra moins facilement la température rouge, la production d'oxyde de carbone pourrait ainsi être évitée, et la plus importante des conditions de salubrité sera satisfaite.

Nous croyons devoir encore insister fortement ici sur les dangers d'empoisonnement du sang, et de l'asphyxie qui peut en résulter, quand on emploie des poêles de fonte ou des calorifères métalliques portés au rouge.

Nous citerons donc encore les résultats d'expériences toutes récentes (Académie des sciences 8 avril 1878) dues au docteur Gréhant, ancien élève et préparateur de Claude Bernard, et auteur de nombreux travaux sur la respiration et la physique médicale.

Ce savant a récemment constaté que des animaux forcés de respirer dans une atmosphère renfermant la faible dose de $\frac{1}{779}$ d'oxyde de carbone, et pendant une *demi-heure* seulement, ont la *moitié* de leur globules sanguins tués par ce redoutable gaz, qui mérite bien, comme on voit, d'être classé au nombre des plus toxiques que l'on connaisse, car à la très-faible dose de $\frac{1}{1449}$ il y a encore $\frac{1}{4}$ des globules tués, en une *demi-heure*.

Le foyer des calorifères ne doit donc jamais être exposé à rougir, même au rouge sombre, il faut lui donner une grande capacité, l'armer de nervures intérieures et extérieures, le garnir d'une couronne en terre réfractaire à la hauteur du feu, et donner peu de hauteur à la charge de combustible ce qui évite la perte de chaleur par combustion incomplète.

La fumée doit ensuite monter verticalement dans la colonne centrale jusqu'à la hauteur du plafond de la cave ou du sous-sol renfermant le calorifère. Cette



disposition a pour but d'assurer le tirage et la combustion complète, qui doit être effectuée avant le refroidissement de la fumée.

C'est donc seulement à partir du point supérieur de la colonne centrale de combustion et de tirage qu'on peut diviser la fumée pour la faire redescendre, en la ramifiant, dans plusieurs conduits à large surface extérieure. C'est là un point fort important et sur lequel nous insisterons, car quelques constructeurs ont le tort grave de faire partir leurs circulations en montant et en partant même de la base du foyer; il arrive toujours alors que la fumée ne suit qu'une seule de ces circulations, parce qu'elle y trouve une résistance moindre. Les autres circuits restent donc relativement froids et leurs surfaces de chauffe ne servent absolument à rien.

Ce fâcheux résultat est, au contraire, complètement impossible quand la division en rameaux se produit au haut de la colonne, car en ce point les courants de fumée sont descendants et leur vitesse de chute est proportionnelle à la densité de la fumée, c'est-à-dire à son refroidissement; tandis que dans la division en courants montants la vitesse de la fumée est proportionnelle à sa température.

Il en résulte que si un des rameaux montants se refroidit plus que les autres par l'action plus rapide de l'air pur, le tirage, dans ce rameau, diminuera rapidement et pourra bientôt y devenir nul, puisque le courant rapide d'air pur étant moins échauffé tendra de plus en plus à refroidir complètement ce rameau. Dans le cas contraire, rameaux descendants, un refroidissement ne pouvant qu'activer la vitesse de la fumée, s'il s'en produit il y aura compensation et la surface totale du calorifère continuera donc toujours de travailler utilement dans toute son étendue. Il faut donc faire partir les rameaux du haut de la colonne de combustion et leur donner immédiatement une direction descendante; c'est aussi en haut de cette colonne qu'on branche une communication directe avec la cheminée, afin d'échauffer celle-ci au moment de l'allumage, pour éviter le refroidissement de la fumée dans les rameaux; cette communication directe est ensuite soigneusement fermée au moyen d'une valve bien ajustée, car une fois le tirage obtenu, toute la chaleur qui passerait par cette ouverture directe serait perdue pour l'échauffement de l'air pur.

Les diverses conduites formant surfaces de chauffe des rameaux doivent présenter des formes simples, faciles à nettoyer et à démonter.

La fumée doit circuler à leur intérieur, et l'air pur à l'extérieur; on évite ainsi les pertes par échauffement de l'enveloppe extérieure du calorifère, et la surface de chauffe de l'air s'en trouve augmentée, ce qui est désirable, car on sait que l'air s'échauffe surtout par contact direct et qu'il s'échauffe très-peu par rayonnement, surtout quand il est bien sec. Les rameaux doivent descendre le plus bas possible avant de déboucher dans la cheminée; on obtient ainsi un refroidissement presque complet de la fumée et un chauffage méthodique de l'air pur, qui, dans son ascension, rencontre des surfaces de plus en plus chaudes.

On donne ordinairement à ces surfaces totales de chauffe une surface développée de 2 mètres carrés, par kilogramme de houille à brûler par heure, quand elles sont métalliques. Pour les surfaces céramiques on porte cette superficie jusqu'à 10^{m²} par kilogramme de houille.

Il est bon d'avoir une porte de cendrier bien ajustée pour pouvoir, après l'extinction du feu, empêcher tout passage d'air froid dans les conduits de fumée, enfin il est nécessaire que la cheminée à fumée soit construite en maçonnerie pour assurer le tirage quand le feu est modéré. Construite en métal elle donnerait lieu à d'abondantes condensations, et à un refroidissement trop fort qui pourrait ainsi nuire au tirage.

Étudions maintenant la circulation de l'air pur: la prise d'air extérieur doit

être placée dans un endroit bien aéré et loin des émanations gênantes ou nuisibles. On doit bien se garder d'opérer cette prise d'air directement dans la cave du calorifère, afin d'éviter les poussières et la fumée qui sont souvent produites pendant l'allumage et le chargement du foyer; poussières et fumées qui s'introduiraient rapidement dans toutes les pièces. Les caves sont rarement bien saines et l'odeur de moisi et d'humidité qu'elles exhalent presque toutes, pourrait aussi pénétrer dans les appartements.

Enfin, il faut considérer que les conduits d'air pur établissent de véritables communications acoustiques, surtout quand ils ne sont pas chauffés, et il est parfois utile de placer leur extrémité inférieure dans un endroit inaccessible et d'éviter ainsi les curiosités indiscrettes des gens de service.

Les passages d'air, dans le calorifère, doivent être larges, afin de permettre l'échauffement rapide d'un grand volume d'air à une température moyenne; ce qui est plus salubre qu'un petit volume d'air pur chauffé à une trop haute température. Il est indispensable de pouvoir facilement nettoyer les surfaces de chauffe léchées par l'air pur, afin d'éviter l'odeur de brûlé causée par la combustion lente ou la distillation des poussières et corpuscules organiques qui viennent se déposer sur ces surfaces pendant les interruptions du chauffage.

Les surfaces de chauffe verticales offrent sous ce rapport plusieurs avantages, les dépôts de poussière s'y produisent plus difficilement et leur nettoyage extérieur est généralement plus commode. On doit cependant les nettoyer fréquemment et des regards spéciaux doivent être établis dans ce but à tous les calorifères.

Il est également indispensable de placer un vase d'eau dans le bas de la chambre du calorifère, pour humidifier l'air chaud, pendant les temps secs seulement, et non par les temps humides comme on le fait trop souvent.

Un hygromètre placé dans les pièces à chauffer doit être fréquemment consulté pour pouvoir régler la quantité d'humidité à fournir à l'air chaud.

Le haut de la chambre du calorifère doit former un réservoir d'air chaud assez vaste pour empêcher les appels d'une conduite d'air sur les autres.

Il est même parfois nécessaire de diviser la chambre du calorifère en autant de compartiments qu'il y a de pièces à chauffer, pour éviter les appels d'air d'une pièce à l'autre.

Chacune des conduites d'air doit être munie, à son départ du réservoir d'air, d'une soupape réglant son tirage et permettant sa fermeture complète.

Les conduites d'air chaud doivent toujours avoir une large section; il faut leur donner aussi une direction ascendante; elles doivent être bien garanties contre les pertes de chaleur, enfin il serait fort utile de ménager à leur angles, qui doivent être rares, des tampons permettant le nettoyage fréquent de leurs parois internes, qui se recouvrent, pendant l'été, de poussières, moisissures et toiles d'araignées; ces toiles d'araignées ont souvent une influence considérable sur le débit des bouches qu'elles peuvent rendre presque nul; il est donc indispensable de se ménager les moyens de les faire disparaître.

A son arrivée dans les pièces à chauffer la conduite d'air chaud doit être munie d'une soupape de réglage et d'arrêt, enfin elle devrait presque toujours déboucher dans une conduite plus large munie d'une prise directe d'air frais et d'une soupape, le tout formant chambre de mélange d'air chaud et frais.

Cette disposition, peu employée en France, offre le précieux avantage de rendre la ventilation des pièces indépendante du chauffage, qui peut être modéré sans diminuer la quantité totale d'air introduit, puisqu'on peut remplacer une partie de l'air chaud par de l'air plus ou moins frais.

Il faudrait faire déboucher cette conduite de mélange vers le plafond de la pièce pour augmenter la vitesse de l'air introduit et pour renouveler méthodi-

quement l'air de l'appartement, dont l'extraction est ordinairement opérée par une cheminée ordinaire dont on laisse le rideau soulevé. Le débouché de cette conduite de mélange pourrait être muni d'un anémoscope, permettant de juger à tout instant la vitesse d'introduction du mélange d'air et facilitant le dosage de ce mélange.

Nous donnons ci-contre un dessin de cette utile conduite de mélange et de ses accessoires, fig. 10.

Il est enfin nécessaire de ménager dans chaque pièce à chauffer un moyen d'appel attirant l'air du calorifère et évacuant l'air vicié de la pièce.

Une cheminée ordinaire, même sans feu, peut remplir cet office; quand il n'en existe pas dans la pièce il faut avoir soin de poser quelques conduits d'extraction débouchant le plus haut possible afin d'augmenter leur tirage. En établissant ces conduits d'extraction il serait bon de ménager outre leurs ouvertures au niveau du parquet, d'autres orifices de prise d'air vicié, au niveau du plafond, permettant son extraction à cette hauteur quand cela deviendrait nécessaire.

Après l'exposé de ces principes généraux communs à tous les calorifères, nous pouvons maintenant décrire rapidement les principaux calorifères en usage, puisque nous sommes désormais à même d'apprécier leurs qualités et leurs défauts.

Calorifère Pécelet, pl. III. — Pécelet donne la description suivante de cet appareil qu'il considérait comme supérieure à tous ceux connus. « Il est composé d'une cloche placée au-dessus du foyer et surmontée d'un tuyau qui communique par sa partie supérieure et au moyen de quatre tuyaux horizontaux, avec une double enveloppe cylindrique verticale, au bas de laquelle se trouve un autre tuyau communiquant avec la cheminée; entre cette double enveloppe et le tuyau d'ascension de l'air brûlé, se trouve un cylindre de tôle vertical, ouvert par en haut et par en bas. L'air brûlé s'élève d'abord dans le tuyau central et descend ensuite dans la double enveloppe annulaire, en se répandant en couches isothermes dans l'intervalle des deux cylindres. L'air chaud pur s'élève simultanément autour du tuyau et de l'enveloppe annulaire; il est échauffé par son contact avec les surfaces rencontrées par l'air brûlé, par le cylindre de tôle intérieur et par la surface de la maçonnerie échauffés par rayonnement. Le tuyau central et la double enveloppe peuvent être nettoyés, en enlevant le cône qui reçoit l'air chaud pur, et ensuite les couvercles des deux conduits de fumée. »

Le calorifère Pécelet, bien combiné pour l'époque où il fut inventé, serait aujourd'hui susceptible d'améliorations nombreuses: foyer et surfaces de coup de feu plus étendus, tampons de nettoyage plus facilement accessibles, etc.: perfectionnements qu'on trouve maintenant appliqués dans la plupart des bons calorifères.

La disposition générale du calorifère Pécelet paraît cependant recommandable et mérite d'être reproduite ici comme un type historique digne d'être étudié et perfectionné.

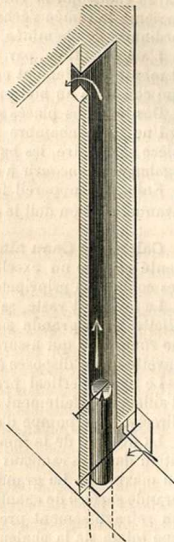


Fig. 10. — Conduite d'air mélangé.

Calorifère Geneste et Herscher, exposé en 1878. — Ce calorifère visiblement inspiré par celui de Pécelet, nous paraît cependant préférable à l'appareil de ce savant professeur; il se compose d'un foyer en fonte, garni à l'intérieur de briques réfractaires, pour assurer la durée du foyer et l'empêcher de rougir; ce foyer est surmonté de couronnes cylindriques garnies de nervures et se termine par une coupole servée; de chaque côté du cendrier se trouve un vase long maintenu plein d'eau.

La fumée, après avoir monté dans la colonne centrale, passe par un tuyau coudé qui la conduit dans l'appareil demi-cylindrique en tôle placé en arrière; la fumée s'échappe enfin par le bas de ce demi-cylindre dans un tuyau ordinaire de cheminée.

L'air pur afflue, par une ou plusieurs prises d'air, à la base de l'appareil et il monte rapidement en rencontrant des surfaces de plus en plus chaudes, ce qui constitue un bon procédé d'échauffement méthodique.

Des tampons placés sur le devant rendent son nettoyage facile et efficace.

Une vaste chambre d'air chaud atténue les inconvénients du tirage d'une pièce sur l'autre, les bouches d'air sont munies de clefs de réglage pouvant également concourir à empêcher ces graves défauts des calorifères ordinaires.

Enfin, cet appareil fort bien combiné nous semble présenter de nombreux avantages et on doit le considérer comme un bon appareil de chauffage.

Calorifère Guau aîné, pl. III. — Cet appareil nous paraît pouvoir être présenté comme un excellent modèle, réalisant par ses dispositions ingénieuses les conditions principales théoriques et pratiques posées en tête de ce chapitre:

Le foyer est vaste, sa garniture en terre réfractaire, ses nombreuses et solides ailettes et sa grande surface de coup de feu concourent à empêcher la fonte de rougir, ce qui assure d'abord la salubrité de l'air pur qui s'y chauffe; une cuvette d'eau disposée à la base, l'empêche d'ailleurs de se dessécher.

Le tirage vertical procure une combustion active et complète; ce tirage est d'ailleurs parfaitement assuré au moment de l'allumage par une communication directe, (dite pompe d'appel), avec la cheminée.

La division de la fumée en haut de la colonne centrale assure son égale répartition dans les rameaux descendants, dont la surface totale se trouve ainsi utilisée au maximum. La grande longueur des conduits parcourus par la fumée et leur grande surface de chauffe encore augmentée par de nombreuses ailettes, assurent un refroidissement presque complet de la fumée, c'est-à-dire l'utilisation presque totale de la chaleur qu'elle détenait. La disposition verticale des surfaces de chauffe empêche les dépôts de poussières de donner à l'air pur une odeur de brûlé.

Enfin, chacun des nombreux tuyaux de chauffe verticaux pouvant être isolé et enveloppé d'une gaine en tôle, il devient facile de diviser la chambre d'air en compartiments distincts et spéciaux pour chaque bouche d'air pur chaud; ce qui permet l'indépendance du chauffage pour chaque pièce de l'édifice à chauffer.

Cet air pur marchant en sens inverse de la fumée s'échauffe méthodiquement en utilisant au mieux possible la chaleur de la fumée, les larges passages de l'air pur ne lui permettent pas de s'échauffer à une trop haute température.

Les résultats *pratiques* obtenus par cet excellent appareil nous paraissent devoir être cités: ainsi, on a constaté officiellement, au Ministère des finances, pendant le grand coup de froid du 21 décembre 1877, que par une température extérieure de -20° on a pu facilement maintenir une température de $+20^{\circ}$, dans les bureaux qui occupaient à cette époque le Palais de l'Industrie, dont les parois extérieures sont presque entièrement vitrées. On faisait ainsi équilibre, avec



cet appareil, à une différence de température de 40°, ce qui pour un local vitré, doit être considéré comme un résultat tout à fait exceptionnel, et nous dispense d'insister plus longuement sur les qualités de cet excellent calorifère.

Calorifère Nicora, pl. III exposé en 1878. — Ce calorifère nous paraît bien conçu et surtout fort bien exécuté. Le foyer est en *fer laminé*, et il présente une surface considérable de *coup de feu*, ce qui contribue doublement à écarter la diffusion de l'oxyde de carbone dans l'air pur à chauffer.

La grande surface des tuyaux de chauffe verticaux assure l'utilisation rationnelle de la chaleur de la fumée. Enfin, cette disposition de tuyaux verticaux isolés permettrait, au besoin, de diviser la chambre d'air chaud pour assurer l'indépendance de bouches de chaleur. Ce calorifère d'une exécution très-soignée et dont toutes les parties sont à dilatation libre, présente cependant un défaut, car la division de la fumée en deux courants séparés a lieu en montant, quand au contraire il est *absolument nécessaire* que cette division se fasse au point le plus haut de la cloche. Il peut en résulter, ainsi que nous l'avons dit plus haut, qu'un côté du calorifère ne reçoive aucune portion de la chaleur de la fumée, ce qui réduirait de beaucoup l'effet utile de l'appareil. Il serait du reste très-facile de faire disparaître ce défaut, en divisant par une feuille de tôle verticale le premier conduit vertical du départ de fumée.

Calorifère Gurney, pl. III exposé en 1878. — Cet appareil offre une grande analogie avec le poêle calorifère du même constructeur, il est également armé d'ailettes verticales dont l'extrémité inférieure trempe forcément dans l'eau, ce qui donne une humidité excessive dans les pièces chauffées, par la condensation de la vapeur sur les vitres et murailles. Ces ailettes se cassent aussi très-facilement quand on introduit de l'eau dans la rigole où elles plongent.

Enfin, le départ du tuyau de fumée nous paraît très-mal placé, puisqu'il occupe le haut de l'appareil et qu'il permet ainsi à la fumée de s'échapper directement sans avoir échauffé par contact les parois inférieures du calorifère.

Nous pensons donc que cet appareil devrait être considérablement modifié et que, sous sa forme actuelle, on n'en saurait conseiller l'emploi.

Calorifère Musgrave, de Belfast, pl. III exposé en 1878. — La forme générale de cet appareil offre une grande ressemblance avec le calorifère Gurney. Nous le croyons cependant préférable, car il n'est pas muni de rigoles faisant casser les ailettes et donnant trop d'humidité; de plus la fumée circule plusieurs fois dans cet appareil, et elle peut s'échapper par en bas, ce qui doit donner lieu à un plus grand effet utile, car la chaleur est retenue dans le haut du calorifère au lieu de s'échapper directement et rapidement comme elle le fait dans les appareils Gurney.

Calorifère Piet, pl. III. Ce calorifère, qui offre beaucoup de rapports avec celui de l'ingénieur Grouvelle (1), est composé d'une cloche en fonte garnie de terre réfractaire, en haut de cette cloche la fumée se divise et descend dans trois séries de tuyaux horizontaux, à la suite desquels elle entre enfin dans la cheminée.

De larges passages assurent un facile accès à l'air pur qui monte en s'échauffant méthodiquement.

Cet appareil nous paraît bien disposé pour utiliser la chaleur de la fumée. Nous ne saurions toutefois recommander d'imiter cette disposition, à moins d'y

(1) Les dessins du calorifère Grouvelle sont exposés par Grouvelle fils.

être obligé par la nécessité de donner peu de hauteur au calorifère, dans les caves peu profondes par exemple, car les surfaces horizontales des tuyaux se chargent de poussières et matières organiques déposées par l'air pendant les interruptions de chauffage, il en résulte au moment de la reprise de ce chauffage une odeur de brûlé fort gênante et peu salubre.

Le service de ce calorifère doit donc être complété par de fréquents nettoyages des surfaces de fonte, afin d'éviter ces inconvénients désagréables.

Calorifère thermostat, Bolo de Sevray, pl. III. — Après avoir donné dans les habitations la température voulue, pour la maintenir il faut continuer d'entretenir le feu, mais avec plus de modération qu'au commencement du chauffage, le calorifère Bolo de Sevray, au moyen d'une disposition ingénieuse, se transforme instantanément en thermostat, par la simple fermeture d'une valve placée au sommet de son foyer. Lorsque la température désirée est obtenue, on remplit de combustible la cloche du foyer, on ferme la valve de cette cloche et la porte du cendrier. Le tirage s'établit alors par le petit conduit de gauche, et la combustion ainsi modérée peut-être assurée pour six à huit heures, dans de bonnes conditions; car cette disposition ingénieuse évite la production de l'oxyde de carbone, puisque les gaz de la combustion ne sont pas forcés de traverser une épaisse couche de combustible.

Nous croyons donc cet appareil parfaitement applicable pour réaliser un chauffage modéré et prolongé tout en évitant la production de l'oxyde de carbone, et possédant ainsi une grande supériorité sur la plupart des appareils à combustion lente qui, presque tous, donnent lieu à une grande perte de combustible par sa transformation en oxyde de carbone.

Calorifère Staib (Werbel-Briquet à Genève), pl. III exposé en 1878. — L'ingénieur suisse Staib, de Genève, a inventé, il y a déjà longtemps, un calorifère qui donne de très-bons résultats hygiéniques et une haute utilisation du combustible; le général Morin a constaté qu'il possédait un rendement calorifique égal à 91 %, ce qui est fort élevé.

Ce calorifère se compose de six plaques en fonte ondulées formant un cube entouré d'une enveloppe en maçonnerie, cette capacité intérieure contient un foyer garni de terre réfractaire, suspendu et sans contact avec les surfaces de chauffe qui ne peuvent jamais rougir, la fumée se répand librement dans l'intérieur du foyer et redescend en léchant les surfaces intérieures de l'enveloppe en fonte ondulée. La fumée et les gaz chauds après être redescendus à droite et à gauche du foyer, se rendent à la partie inférieure dans deux conduits, placés aux angles, qui les dirigent enfin vers la cheminée. Les portes sont disposées de manière à permettre facilement l'introduction d'un ouvrier dans l'intérieur du calorifère, dont le ramonage se borne ainsi à un simple balayage des parois. L'air extérieur afflue et circule entre l'enveloppe extérieure en briques et les plaques ondulées, il s'échauffe à ce contact d'une façon méthodique; deux petites rigoles pleines d'eau lui donnent d'ailleurs la vapeur d'eau nécessaire. Ce calorifère n'étant point exposé à rougir ne peut introduire dans l'air pur aucune trace d'oxyde de carbone, son emploi nous paraît donc tout à fait hygiénique; ce qui joint à ses qualités économiques bien constatées, nous autorise à dire que le calorifère Staib Werbel peut être considéré comme un très-bon appareil.

Calorifère Gaillard et Haillot, fig. 11 et 12 (exposé en 1878). — Pour mieux faire connaître les appareils de MM. Gaillard et Haillot, nous reproduisons in-extenso le rapport de M. H. Tresca (*Annales du Conservatoire*, tome VIII).

Procès-verbal des expériences faites sur les calorifères en briques réfractaires creux construits par MM. GAILLARD ET HAILLOT:

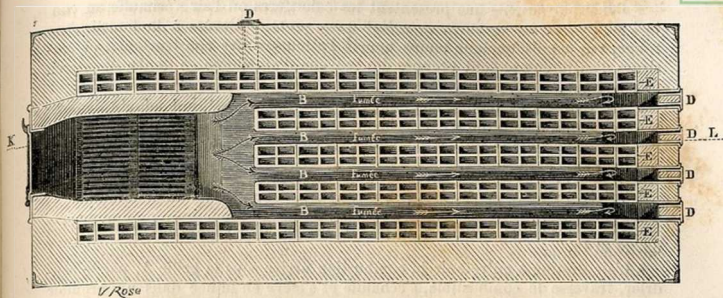


Fig. 11. -- Section horizontale.

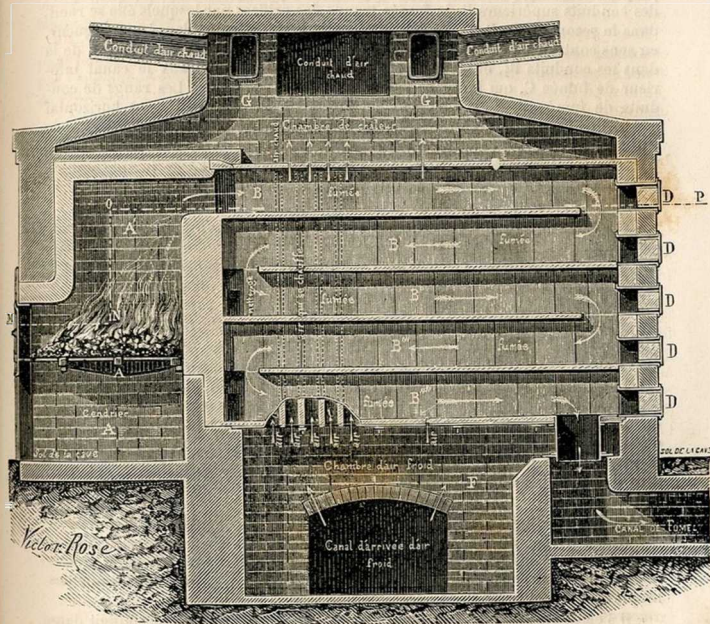


Fig. 12. -- Section verticale.

« Les inconvénients que présentent les calorifères où l'air s'échauffe au contact de tuyaux ou de surfaces métalliques, souvent élevées à la température rouge, ont depuis quelque temps appelé l'attention des constructeurs, et plusieurs d'entre eux se sont occupés des moyens d'améliorer ce genre d'appareil de chauffage.

« MM. Gaillard et Haillot, successeurs de M. Chaussenot, ont adopté dans ce but une solution radicale en supprimant dans les calorifères qu'ils construisent l'emploi de la fonte et du fer, pour tous les conduits ou passages dans lesquels circulent l'air et la fumée.

« Ces constructeurs ont demandé à la direction du Conservatoire de faire procéder à des expériences sur plusieurs de leurs calorifères.

« Les dispositions générales de ces appareils nouveaux sont représentées fig. 11 et 12.

« L'air destiné à entretenir la combustion arrive sous la grille A, par le cendrier, traverse le combustible, s'échauffe et s'élève en fumée dans un premier conduit vertical A' très-large, entouré d'un massif de briques réfractaires jusqu'aux conduits supérieurs et horizontaux B, en nombre variable, suivant la proportion de l'appareil, et entre lesquels il se partage. Parvenue à l'extrémité des conduits supérieurs B, la fumée trouve des orifices par lesquels elle se rend, dans le second rang B₁ de conduits horizontaux, les parcourt dans leur longueur, en sens contraire de son premier mouvement, passe dans les conduits B₂, de là dans les conduits B₃, et B₄, et gagne par des passages verticaux le canal inférieur de fumée C, qui la dirige vers la base de la cheminée. Les rangs de conduits de fumée B, B₁, B₂, B₃, B₄, etc., ne sont séparés dans le sens horizontal que par des languettes en briques réfractaires de 0^m,01 d'épaisseur.

« A l'extrémité de chacun de ces conduits, des tampons mobiles de nettoyage D, permettent de débarrasser complètement tout l'intérieur de la suie qui s'y serait déposée. *Le nettoyage est aussi facile que dans les calorifères ordinaires à tuyaux horizontaux.*

« *On remarquera que la seule partie du foyer, qui soit exposée à une température susceptible d'altérer les matériaux de la construction, est la cheminée en briques réfractaires pleines, du conduit vertical A' placé au-dessus de la grille, et que st, après un long usage, elle se trouvait un peu dégradée, son remplacement n'offrirait aucune difficulté.* Le reste des conduits de fumée ne paraît pas susceptible d'éprouver d'autres altérations que celles qui proviendraient de la dilatation et du retrait des briques creuses qui les composent, effet qui est peu sensible d'après les observations recueillies.

« Les rangées horizontales des conduits de fumée B, B₁, B₂, B₃, etc., sont séparées par des cloisons verticales E. E.... en briques creuses réfractaires, ainsi que les parois latérales et extrêmes de ces mêmes conduits. Le tout est entouré d'une cheminée en briques ordinaires de 0^m,22 d'épaisseur, du côté qui n'est pas en contact avec les murs du bâtiment. Les briques creuses qui forment les cloisons sont posées debout, de manière que les joints verticaux d'une assise correspondent aux pleins de la suivante. A l'aide de ces dispositions, les pertes de chaleur par les parois générales du calorifère peuvent être rendues extrêmement faibles.

« L'air extérieur, destiné à être chauffé et introduit dans les salles habitées, arrive sous le calorifère par une sorte de chambre inférieure FF, qui communique avec tous les conduits verticaux EE, formés par les vides de chacune des briques creuses et présentant ensemble une section considérable.

« Il s'élève ensuite dans une chambre supérieure GG, d'où il est conduit dans les diverses ramifications de la distribution d'air chaud.

« *Nous avons expérimenté sur trois calorifères de ce genre, dont les propor-*



tions principales étaient dans des rapports peu différents, et avaient en moyenne les relations suivantes :

« Rapport de la surface de chauffe des conduits de fumée à la surface totale de la grille	140
« Rapport de la surface de chauffe intérieure des conduits d'air à la surface totale de la grille	360

« On voit que ces proportions sont très-larges et susceptibles de bien utiliser la chaleur de la fumée, malgré le peu de conductibilité de la brique.

« Le premier calorifère essayé n'a donné qu'un rendement calorifique de 0,50. Mais la température de la fumée qui s'en échappait était beaucoup plus élevée qu'il n'était nécessaire pour un bon tirage. Elle atteignait en moyenne 147°. Le chauffage était fait à la houille, et l'on a brûlé dans les expériences 40 kil. de charbon de Charleroi par mètre carré de surface de grille, ce qui indique une activité plus que suffisante du feu et du tirage pour des appareils de ce genre.

« De plus, l'enveloppe de ce calorifère s'échauffait notablement, ce qui occasionnait une assez grande perte de chaleur non mesurable.

« Dans ces expériences, le nombre d'unités de chaleur transmises à travers les parois des briques creuses de l'appareil ne s'est élevé qu'à 406 calories par heure et par mètre carré.

« Un autre calorifère du même genre, établi à l'hospice de Sainte-Périne, pour lequel on avait cherché à éviter avec plus de soin les pertes de chaleur par l'enveloppe extérieure, et dans lequel le feu était alimenté avec du charbon de Charleroi, a donné des résultats plus favorables.

« Le feu a été conduit plus modérément que pour l'appareil précédent, et la consommation de houille n'a été que de 31 kil. par mètre carré de surface de grille et par heure.

« La température de la fumée n'a été en moyenne que de 86°, et celle de l'air chaud fourni de 97°; cette dernière est encore trop élevée.

« Le nombre d'unités de chaleur qui ont traversé les parois des briques creuses de l'appareil s'est élevé à 450 calories par heure et par mètre carré.

« L'enveloppe extérieure du calorifère s'échauffait encore un peu, quoiqu'il fût placé dans l'angle de deux murs.

« Le rendement calorifique a été trouvé égal en moyenne à 0,68.

« Un troisième calorifère, dont l'enveloppe extérieure a été rendue plus épaisse, et composée de deux rangs de briques entre lesquels était comprise une couche d'air, a été soumis à des expériences prolongées pendant huit heures, et dans lesquelles le chauffage a été fait avec du coke, dont l'action est plus régulière que celle de la houille.

« La température de la fumée a été en moyenne de 91°, et celle de l'air chaud fourni par l'appareil de 79°.

« La consommation de coke a été de 39 kil. par heure et par mètre carré de surface de grille. Ce combustible était de la variété dite coke métallurgique; cependant on n'a évalué sa puissance calorifique qu'à 7000 unités de chaleur par kilogramme.

« Le nombre d'unités de chaleur qui ont traversé les parois des briques creuses s'est élevé dans cet appareil à 735 calories par heure et par mètre carré.

« L'enveloppe extérieure du calorifère ne s'est pas échauffée sensiblement.

« Ces deux circonstances et la régularité du chauffage au coke, ainsi que la qualité, un peu supérieure peut-être, du coke employé, peuvent rendre compte des résultats favorables obtenus avec ce dernier appareil, et que nous allons faire connaître.



« Les conduits de fumée, au nombre de deux par rangée ou de huit en tout, ont une largeur commune de 0^m,06 et des hauteurs comprises entre 0^m,150, et 0^m,162, ce qui correspond à des sections de passages à chaque rangée de 0^{mm},0300 et de 0^{mm},0324.

« Le volume d'air introduit dans le calorifère a été trouvé égal à 168^{mc},65 par heure, ou 0^{mc},0468 en 1^r. La température à la sortie, était de 91^o,43, et le volume ci-dessus ayant été observé vers l'origine de la cheminée, la vitesse de circulation des gaz de la combustion dans le calorifère a été en moyenne de 1^m,56 à 1^m,44 en 1^r.

« L'air introduit dans le foyer avait la température moyenne de 16^o.73, et la quantité de chaleur emportée par heure par la fumée peut être évaluée à

$$168^{mc}.65 \times 0^{kil}.972 (91^{o}.73 - 16^{o}.73) \times 0.237 = 2898 \text{ calories.}$$

« Le poids de coke brûlé par heure a été de 2^{kil}.250, ce qui, à raison de 7000 unités de chaleur développées par kilogramme, correspond à $2.250 \times 7000 = 15750$ calories.

« La perte de chaleur par la fumée a donc été d'environ $\frac{2898}{15750} = 0,18$ de la chaleur développée par le combustible.

« En admettant que la perte de chaleur par les parois soit négligeable, ce qui paraît acceptable dans le cas actuel, le rendement calorifique de cet appareil serait égal à 0.82 de la chaleur développée par le combustible.

« Les conduits offerts par les briques creuses, au nombre de 44, ont chacun une section de 0^{mm},0081, et présentent ensemble une section de passage égale à $0.0081 \times 44 = 0^{mm}.3564$.

« Le volume d'air chaud fourni par l'appareil à la température moyenne de 79^o.30, ayant été trouvé égal à 935^{mc}.60 par heure, ou à 0^{mc}.2599 en 1^r, la vitesse moyenne de passage a été d'environ $\frac{0^{mc}.2599}{0^{mm}.3563} = 0^{m}.73$ en 1^r, c'est-à-dire à peu près moitié moindre que celle des gaz de la fumée.

« Il en résulte que si, ce qui est peu probable, il se manifestait dans les briques creuses quelques fissures, l'air qui y circule pourrait être aspiré par les conduits de fumée, tandis qu'au contraire la fumée elle-même ne pourrait se répandre dans les conduits d'air chaud, dès que le tirage serait bien établi.

« L'air extérieur introduit dans le calorifère était à la température de 16^o.73. Il en sortait à celle de 79^o.30. Par conséquent, la quantité de chaleur utilisée en une heure par l'appareil et déduite de l'observation du volume d'air chaud fourni était égal à

$$935^{mc}.60 \times 1^{kil}.0065 \times (79^{o}.73 - 16^{o}.73) \times 0.237 = 13932 \text{ cal.}$$

« La chaleur développée par le combustible étant estimée à 15750 calories, le rendement calorifique de l'appareil, déduit du volume et de la température de l'air chaud fourni, a été égal à $\frac{13932}{15750} = 0,88$ de la chaleur dépensée.

« L'estimation de ce même rendement, d'après la quantité de chaleur emportée par la fumée, ayant été, comme on l'a vu plus haut, portée à 0,82, ces deux modes d'appréciation s'accordent assez bien pour qu'on puisse admettre que sa valeur moyenne s'éloigne peu de 0,85.

« Nous croyons donc qu'il est permis de conclure de ces expériences que les calorifères de ce genre, proportionnés comme on l'a indiqué plus haut, entourés de parois épaisses et peu conductrices de la chaleur, sont susceptibles, quand le feu y est convenablement conduit:

« 1^o De donner un rendement calorifique, estimé d'après l'air chaud fourni à

peu de distance de l'appareil, égal à 0.80 ou 0,85 de la chaleur développée par le combustible;

« 2° De fournir une quantité de chaleur utilisable de 700 calories environ par heure et par mètre carré de la surface totale de chauffe des conduits intérieurs des briques creuses.

« En résumé, ces calorifères, entièrement en briques, qui ne contiennent point de parties en fonte ou en fer exposées à rougir par l'action du feu, sont exempts des inconvénients que l'on reproche à la plupart des appareils de chauffage en métal et à air chaud.

« Leur rendement calorifique est égal à celui des meilleurs appareils connus.

« Le peu de conductibilité des matériaux qui entrent dans leur construction atténue beaucoup les irrégularités qui peuvent survenir dans le chauffage, par suite des négligences dans le service.

« Leur construction est sujette à moins de réparations importantes que celle des calorifères en métal, dont les foyers et les cloches en fonte sont brûlés en quelques années et donnent lieu à de sérieux inconvénients.

« Pour que leur emploi soit complètement salubre dans des lieux habités, il faut, comme pour tous les autres calorifères que leur action soit combinée avec celle d'une ventilation suffisante. »

CALORIFÈRES A EAU CHAUDE.

Thermosyphons à basse pression. — Bien que le procédé du chauffage par circulation d'eau chaude paraisse avoir été connu dès l'antiquité, il semblait complètement oublié, et il faut arriver jusqu'à l'année 1716 pour en trouver l'application au chauffage des serres, faite à Newcastle par un ingénieur suédois, Triewald.

La disposition employée par cet ingénieur consistait en une chaudière extérieure recevant les deux extrémités d'une conduite horizontale circulant sous le sol de la serre.

Ce simple appareil nous paraît donc avoir été inspiré par les circulations d'eaux thermales qui depuis une époque reculée sont utilisées dans quelques villes d'eaux pour le chauffage des habitations; notamment en France, à Chaudesaigues, où la circulation souterraine des eaux chaudes naturelles est employée depuis longtemps pour le chauffage des habitations.

Cette circulation dans des canaux horizontaux pouvait tout au plus suffire au chauffage direct des pièces à rez-de-chaussée. Mais le chauffage direct des étages supérieurs par un foyer et une chaudière placée au niveau du sol, restait à trouver.

Ce fut un ingénieur français, Bonnemain, qui en 1777, installa au Pecq, près Saint-Germain, un appareil à circulations verticales, et qui eut ainsi le mérite de créer le premier thermosyphon à eau chaude. Cet ingénieur appareil est basé sur un principe fort simple, offrant beaucoup d'analogie avec le syphon à transvaser que tout le monde connaît.

On sait que la circulation dans le syphon ordinaire est obtenue par la plus grande pesanteur de la colonne de liquide contenue dans la branche verticale de plus grande hauteur.

Le même effet se produit dans le thermosyphon dont nous donnons un dessin fig. 13.

Cet appareil se compose d'une chaudière et d'une colonne montante verticale



partant du haut de la chaudière, surmontée d'un vase d'expansion, et d'un serpentín ramenant l'eau au bas de la chaudière.

Aussitôt que le feu est allumé, l'eau contenue dans la chaudière s'échauffe, elle se dilate, c'est-à-dire qu'elle augmente de volume et que sous un même volume elle devient plus légère. L'eau de la colonne verticale devient donc plus légère que celle contenue dans le serpentín qui ne peut s'échauffer directement puis qu'elle ne communique qu'avec le fond de la chaudière, il en résulte que l'équilibre est rompu et que l'eau se met en mouvement; elle monte dans la colonne verticale et redescend refroidie dans le serpentín.

Pour que cette cause de rupture d'équilibre soit maximum, il faut évidemment que la hauteur des colonnes soit aussi grande que possible. En pratique on peut lui donner toute la hauteur de l'habitation.

Il faut aussi que le refroidissement soit minimum dans la colonne verticale montante et maximum dans le serpentín ou les rameaux descendants. Pour ce faire on donne à la colonne montante une surface minima et on l'enveloppe de corps très-mauvais conducteurs.

On donne, au contraire, aux rameaux descendants une surface de refroidissement maxima et on active encore ce refroidissement en faisant circuler contre ces surfaces des courants d'air froid qui, après s'être ainsi échauffé, est introduit dans les pièces. L'eau se dilatant de $\frac{1}{2200}$

par 1° ; si on suppose que l'eau montante est à 100° et l'eau descendante à 50° il y aura une différence de $\frac{1}{44}$ entre la densité des deux colonnes, et cette différence suffira amplement à produire une circulation fort active.

Car on a constaté que quand la différence de chaleur des colonnes n'est que de quelques degrés, la circulation se maintient même dans les thermosiphons de serre dont les colonnes verticales sont peu élevées.

Cette dilatation de $\frac{1}{22}$ pour 100° oblige à donner au vase d'expansion un volume égal au $\frac{1}{20}$ environ de l'eau contenue dans tout l'appareil, afin que les tuyaux restent constamment pleins d'eau.

Bonnamain appliqua surtout son appareil au chauffage des étuves à incubation artificielle; mais il ne paraît pas avoir fait beaucoup d'applications au chauffage des habitations.

Le marquis de Chabannes, que nous avons déjà cité à propos des calorifères à air chaud, reprit ces idées et il combina un ingénieux système chauffant toutes les pièces d'une habitation, à tous les étages, par une circulation d'eau chaude

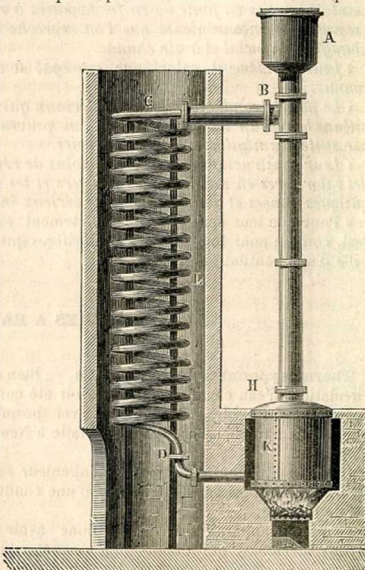


Fig. 13. — Thermosiphon.

fournie par le fourneau de cuisine ou, à son défaut, par un fourneau spécial. Cet ingénieux appareil est muni de poêles ou renflements offrant une grande surface dans chaque pièce à chauffer.

Il peut aussi chauffer l'eau des bains; il offre beaucoup de rapports avec les cuisines à bouilleurs soi-disant nouvelles et brevetées. S. G. D. G.

Bonnemain et Chabannes furent cependant peu compris même en Angleterre.

Ainsi, en 1824, l'ingénieur anglais Tredgold écrivait ce qui suit en parlant du chauffage à l'eau chaude (1).

« Dans tout appareil à l'eau chaude, c'est toujours la *vapeur* qui distribue la chaleur; car il est *impossible* d'employer une force de chaleur assez grande pour obliger l'eau à circuler dans les tuyaux par un changement de densité sans la convertir en vapeur, comme il est aisé de le démontrer par les principes de l'hydraulique. »

L'ingénieur Tredgold, prouve donc ainsi fort clairement qu'il n'a pas compris ni su calculer les effets du thermosyphon; c'était cependant un ingénieur de talent. Il ne faut donc pas s'étonner que de simples praticiens, comme Bacon, n'aient pas mieux saisi le mécanisme de cette circulation; Bacon n'employait, en effet, à cette même époque, qu'un *seul conduit* d'un large diamètre. Il nous faut donc attendre jusqu'en 1837 pour trouver enfin des applications rationnelles dues aux frères Price, de Bristol, qui crurent devoir se faire breveter en France, pour des appareils à peu près identiques à ceux des deux inventeurs français Bonnemain et Chabannes.

Le chauffage à l'eau chaude fut appliqué dès lors très-largement dans les serres où il donna d'excellents résultats.

Fig. 14 — Chaudière de Thermosyphon pour serres.

Enfin, dans la main de deux ingénieurs intelligents et actifs, les frères Duvoir, il fut appliqué dans les habitations et les grands édifices publics avec un succès si incontestable, que le nom de ces deux ingénieurs est resté attaché à deux systèmes différents, que nous allons décrire.

Système Duvoir-Leblanc. — Ce système, qui offre de grandes analogies avec celui de Chabannes, est composé d'une colonne en serpentin, montant jusqu'au grenier dans la gaine de fumée, alimentant un réservoir supérieur de distribution autrefois soumis à une certaine pression, mais complètement libre et ouvert dans les applications récentes.

De ce réservoir supérieur partent autant de tuyaux de descente qu'il y a d'étages à chauffer, ce qui assure l'indépendance du chauffage de chaque étage.



(1) Principes de l'art de chauffer, page 18. Edition française.

Ces tuyaux se prolongent dans toute la longueur de chaque étage, en circulant dans l'épaisseur des planchers, et en alimentant ainsi par-dessous des poêles à eau chaude, placés dans chaque pièce, en nombre suffisant.

Les poêles reçoivent aussi une circulation d'air pur extérieur, qui vient s'y échauffer, en passant dans des tubes verticaux entourés d'eau chaude; cet air concourt ainsi au chauffage des pièces par sa circulation, et il procure de plus une source de ventilation.

L'indépendance du chauffage de chaque pièce est assurée au moyen de valves placées sur chaque poêle, qu'il suffit de manœuvrer pour ralentir, augmenter ou faire cesser la circulation dans chaque pièce.

La conduite horizontale alimentant les poêles aboutit à une conduite spéciale de descente pour chaque étage, qui ramène enfin l'eau à la chaudière.

Ce système présente certainement de grands avantages pour les chauffages permanents; mais il offre quelques inconvénients, tels que les fuites, le danger d'explosion des poêles qui, surtout aux étages inférieurs, supportent une forte charge.

Le grand volume d'eau employé ne permet pas non plus de faire varier rapidement l'intensité du chauffage et n'assure pas suffisamment l'indépendance de la ventilation.

Enfin, ces appareils sont fort coûteux d'établissement surtout dans les bâtiments déjà construits, car les tuyaux devant être établis dans l'épaisseur des planchers, il devient nécessaire de remanier les parquets, ce qui occasionne des dépenses excessives. Ainsi, au Luxembourg, pour poser un calorifère payé 140,000 fr. au constructeur, il a fallu faire des remaniements aux murs, planchers, et parquets, dont la dépense s'est élevée à 100,000 fr., soit plus des $\frac{2}{3}$ du prix du calorifère.

De telles dépenses sont, on en conviendra, tout à fait inacceptables et on ne doit appliquer ce système que dans des constructions neuves et où toutes les conduites nécessaires peuvent être posées pendant la construction.

Système René Duvoir. — Ce système supprime complètement les circulations dans l'épaisseur des planchers; les poêles chauffeurs sont remplacés par une série de tuyaux de circulation placés verticalement dans l'épaisseur des murailles, dans une gaine formant prise d'air extérieur, qui pénètre ainsi dans les pièces après s'être échauffé au contact des tuyaux verticaux. Cette disposition ingénieuse est complétée par une conduite de distribution et une conduite de retour placées toutes deux en sous-sol. Les fuites sont donc complètement évitées dans l'épaisseur des planchers, et s'il s'en produit elles ne peuvent rien détériorer, puisque l'eau trouve une issue directe à l'extérieur; ce système paraît donc offrir une certaine supériorité sur le précédent. Mais il faut, comme pour celui de Léon Duvoir, disposer cet appareil et ses nombreuses canalisations, dans de larges conduits spéciaux, qu'il devient souvent impossible de creuser dans l'épaisseur des murailles.

Nous croyons donc qu'il ne peut-être appliqué que dans des constructions neuves où l'on a prévu et ménagé les coffrages nécessaires.

Système D'Hamelincourt, (successeur de René Duvoir) hydro-calorifère exposé en 1878. Dans cet ingénieux système, (dû à un savant et honorable ingénieur dont on déplore la perte récente), toutes les surfaces de chauffe sont placées dans la cave, elles peuvent donc être partout abordables et les fuites sont toujours sans danger.

La distribution de la chaleur dans les pièces s'effectue, comme avec les calo-

rifières à air chaud au moyen de colonnes d'air montantes, qu'il faut isoler avec grand soin, car l'air étant peu échauffé à une plus grande tendance à perdre la faible quantité de chaleur qu'il possède.

Cet appareil est éminemment salubre, car l'air ne peut s'y mélanger à de l'oxyde de carbone ainsi qu'il arrive dans la plupart des calorifières à air chaud.

Son prix est un peu plus élevé, mais son entretien est bien moins coûteux que celui des calorifières à air chaud.

Nous croyons donc que cet excellent système doit être préféré aux calorifières ordinaires à air chaud, qui sont presque tous fort insalubres.

Système Savalle. — L'habile ingénieur constructeur d'appareils de distillation. M. D. Savalle, est inventeur d'un calorifère à eau et à air chaud qui nous paraît bien combiné et peu encombrant.

La disposition tubulaire verticale des tuyaux d'air permettrait facilement d'assurer l'indépendance du chauffage de chaque pièce, en divisant la chambre d'air chaud (*f, f*) en autant de compartiments qu'il y aurait de pièces à chauffer. On assurerait aisément aussi l'indépendance de la ventilation en employant la bouche d'air mélangé fig. 10.

Pour la description de cet appareil nous laisserons la parole à son savant inventeur: « J'avais dans mon hôtel de l'avenue du bois de Boulogne, à Paris, un calorifère à feu direct qui me causait beaucoup d'ennuis. Sa chaleur était ou absente ou intolérable; dans la journée, le va-et-vient changeait l'air des appartements, et l'on n'était pas trop incommodé par cette chaleur malsaine; mais, la nuit, il était impossible d'y tenir si on laissait arriver l'air chaud; celui-ci, dépourvu de vapeur d'eau et chargé d'oxyde de carbone, desséchait la gorge et causait des maux de tête.

Ces inconvénients sanitaires m'avaient fait décider de réformer ce système. Mais comme j'étais trop occupé, les choses en étaient restées là, quand, un beau jour, ou plutôt par une belle nuit, un bruit inusité se fit entendre dans les conduites d'air chaud; ce n'était plus comme d'habitude, un peu de fumée noire, qui en sortait et qui venait salir les appartements, mais bien la flamme; mon calorifère m'incendiait. Pour le coup c'en était trop, et je me déterminai à installer, pour parer à toutes les misères du chauffage de l'hôtel, la disposition que j'avais combinée et dont la figure 15 donne la description.

Voici la légende de la fig. 15 qui représente ce nouveau système de calorifère:

A, Chaudière tubulaire.

b, Robinet d'eau pour emplir la chaudière.

c, Niveau d'eau.

d, Foyer pour chauffer l'eau contenue en A.

e e e', Introductions pour l'air froid, qui monte en se chauffant dans la série tubulaire.

f, Conduits portant l'air chaud dans les appartements.

g, g, Bouches pour régler la chaleur dans les différents points à chauffer.

h, Cheminée pour les produits de la combustion du foyer d.

i, Dôme pour l'échappement de la vapeur, quand il s'en forme.

j, Conduit libre pour empêcher toute pression de se former dans le calorifère.

k, Robinet de vidange.

Le fonctionnement de ce calorifère est des plus simples; après l'avoir rempli d'eau froide, on chauffe celle-ci par le foyer d. La série tubulaire, dont les tubes sont baignés extérieurement par de l'eau chaude, contient intérieurement de l'air froid, qui se chauffe, devient plus léger et s'élève dans les appartements. L'air déplacé est renouvelé constamment par les orifices e e e', et la dépense de l'air chaud est réglée par les bouches de chaleur g, situées dans les chambres.

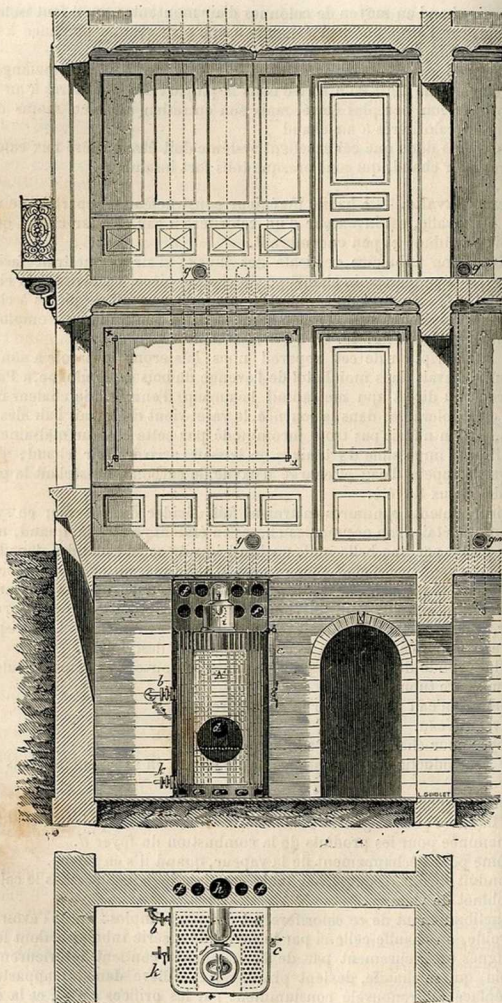


Fig. 43. — Calorifère Savalle.



J'ai obtenu, par ce système, des résultats parfaits; outre que la dépense de combustible est beaucoup diminuée, j'obtiens un bon chauffage; la température de l'air n'est plus aussi élevée et maintient la proportion d'humidité requise. Durant la nuit, les chambres à coucher sont chauffées, et la respiration n'est plus gênée; la gorge ne se dessèche plus et l'on n'a plus de migraines à redouter par l'excès de chaleur. Les plantes de ma serre, qui s'étiolaient promptement par l'ancien système de chauffage, résistent admirablement. Enfin je n'ai plus l'inquiétude de danger d'incendie.

L'ensemble de ces résultats est tel que je me suis décidé à prendre un brevet pour ce nouveau calorifère, brevet qui fera le bonheur des propriétaires qui l'appliqueront chez eux et peut-être aussi la fortune d'une maison s'occupant de fumisterie à Paris; car mes autres travaux ne me permettent pas de me livrer moi-même à son exploitation ».

Calorifère à eau chaude à haute pression, fig. 16, système Perkins, (Ch. Gandillot, constructeur à Paris. — L'ingénieur anglais Perkins est inventeur d'un excellent système de calorifère à haute pression, trop peu employé en France, car il offre de nombreux avantages.

Cet appareil consiste en une circulation de petits tuyaux en fer étiré ayant 13 à 18 millimètres de diamètre intérieur et 6 millimètres d'épaisseur; la grande épaisseur relative de ces tuyaux leur donne une résistance considérable, et ils peuvent supporter des pressions énormes sans présenter la moindre fuite, grâce à un fort ingénieux mode d'assemblage que nous donnons, fig. 17.

L'extrémité du tube taillée en biseau pénètre dans l'autre tube en creusant la portée plane qui le termine et y reste inerustée à une certaine profondeur, en donnant ainsi un joint parfaitement étanche aux plus hautes pressions. La chaudière ordinaire est ici remplacée par un serpentín formé par l'enroulement d'une partie de la circulation ($\frac{1}{6}$), il peut donc aussi supporter d'énormes pressions.

Le vase d'expansion placé au sommet de l'appareil est complètement fermé par un pas de vis taraudé.

L'appareil fonctionne comme un thermosiphon à basse pression; le chauffage s'y effectue au moyen du circuit descendant auquel on fait suivre le pied des murs en contournant toute la pièce; au besoin on augmente la surface de chauffe d'une pièce en y enroulant en serpentín une plus grande longueur de tuyaux.

La température au sommet, dans le vase d'expansion, est généralement de 150° à 200°, ce qui correspond à une pression de 4 à 15 atmosphères; à la rentrée près du foyer elle n'est plus que de 60°.

La vitesse de circulation est bien plus rapide que dans les calorifères à basse pression, à cause de la grande différence de température des extrémités du circuit, elle est ordinairement de 0^m,8 par seconde; cette grande vitesse de l'eau jointe au fort abaissement de température qu'elle éprouve et à la faible quantité que chaque appareil en contient, explique la rapidité du chauffage obtenue avec ce système.

Pour des tuyaux de 18 millimètres de diamètre intérieur la quantité d'eau contenue par mètre courant est seulement de 0,25 litres, et par appareil de 160 mètres elle n'atteint en totalité que 40 litres, très-faible volume, on le voit et fort rassurant contre les explosions.

Ces tuyaux pèsent environ 3^k,5 par mètre, et représentent, au point de vue de la chaleur spécifique, 0,39 litres d'eau, et par appareil 62 litres; en tout 102 litres d'eau comme chaleur spécifique.

Pour échauffer tout le circuit en moyenne de 150°, il faut 15300 calories ou la chaleur produite par la combustion de 2 kil. de houille.

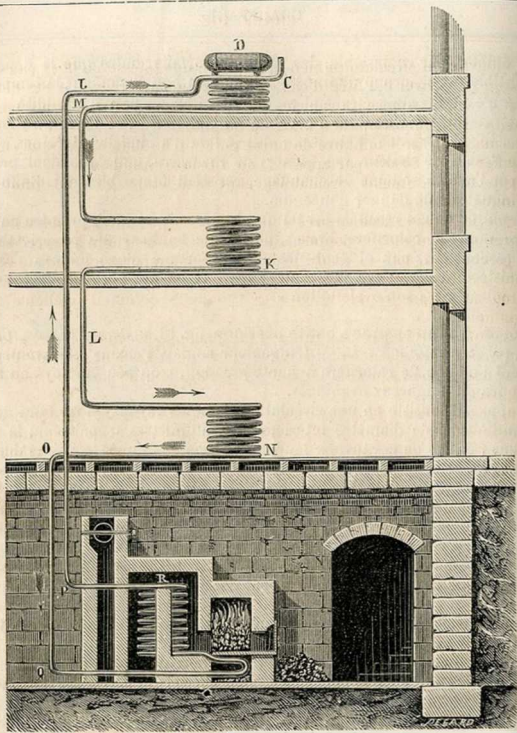


Fig. 16. — Calorifere Perkins.

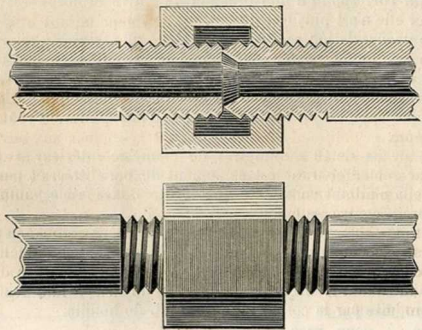


Fig. 17. — Joints Perkins.



Le mouvement circuloire bien établi avec une vitesse de 0^m,8 par seconde, il passe par le foyer 0,2 litre d'eau qui, pour une différence de 80° entre l'entrée et la sortie, y puise 16 calories par seconde, ou 57600 calories par heure, nécessitant la combustion de 8 kilog de houille.

A la maison d'arrêt militaire de la rue du Cherche-Midi, à Paris, où la capacité à chauffer est de 8000^me par appareil, on a trouvé (Angiboust):

1° Que le mouvement circuloire était bien établi 25 à 30 minutes après l'allumage des feux.

2° Que la température désirée était obtenue 1^h,30 après; résultats, qui avec la marge que l'on doit se donner, s'accordent avec les chiffres précédents.

La combustion, active d'abord pour obtenir la température voulue, est ensuite ralentie de manière à suffire simplement au refroidissement extérieur. Cet appareil en service depuis longtemps a toujours donné d'excellents résultats économiques.

Il a été construit par M. Ch. Gandillot, ingénieur constructeur, à Paris, qui s'occupe avec succès et talent des applications de l'excellent système Perkins, et qui par une longue expérience pratique a su y apporter tous les perfectionnements nécessaires.

Nous croyons donc que, dans des mains expérimentées, ce système peut être particulièrement recommandé à cause de sa salubrité et de la grande facilité de son service, il offre surtout des avantages uniques pour son établissement après coup, dans une construction habitée, vu le très-petit diamètre de ses tuyaux qu'on peut faire passer partout sans rien détériorer, les percements pouvant toujours se faire avec une simple tarière.

CALORIFÈRES A VAPEUR.

Historique. — Le colonel anglais Will-Cook a le premier, en 1745, donné l'idée d'employer la vapeur comme moyen de distribuer la chaleur. L'idée du colonel Cook fut négligée parce qu'il promettait trop. Il prétendait chauffer tout un grand édifice avec le feu ordinaire d'une cuisine, ce qui est tout bonnement impossible.

La première application du chauffage à la vapeur paraît due à l'immortel James Watt, qui en fit l'essai dans son cabinet de travail, pendant l'hiver de 1784-85.

L'appareil consistait en une capacité en fer-blanc faisant office de poêle, un tuyau y conduisait la vapeur, et servait en *même temps* à ramener à la chaudière l'eau de condensation. Il n'y avait donc pas encore dans cet appareil d'essai un tuyau spécial à chaque fonction, et c'est à cette cause qu'il faut attribuer le peu d'effet obtenu, par James Watt, de cet appareil primitif.

La première patente fut accordée, en Angleterre, l'année 1791, à John Hoyle d'Halifax, pour sa méthode de communiquer la chaleur aux serres, églises, etc. Cette méthode consistait à conduire la vapeur dans des tuyaux faisant le tour de la pièce à chauffer. Ces tuyaux étaient d'abord élevés à leur plus grande hauteur, et conduits ensuite par une pente douce, en échauffant les pièces, jusqu'à une citerne recueillant l'eau condensée.

Cette méthode diffère à peine du projet de Cook connu 46 ans avant; l'appareil était sujet à de fréquents dérangements et chauffait médiocrement.

Ces appareils furent perfectionnés par Boulton et James Watt, et appliqués en 1793-96 au chauffage de la bibliothèque du docteur Withering, où l'on obtint enfin un bon chauffage.

En 1799, Lee, de Manchester, aidé des conseils de James Watt, fit construire dans sa maison, un calorifère à vapeur en fonte, dans lequel on pouvait déjà régler au moyen de valves l'introduction d'air ou de vapeur.

Ainsi, les appareils à vapeur vraiment pratiques, ne datent que du commencement de XIX^e siècle, et on les doit au génie du célèbre James Watt.

En 1824 l'ingénieur anglais Tredgold, publie ses principes de l'art de chauffer, qui contiennent de nombreux et intéressants détails sur le chauffage à vapeur.

Enfin, un savant ingénieur français, Grouvelle, neveu du célèbre chimiste d'Arcet, fit établir, sous la direction de son oncle (1828), le grand appareil à vapeur qui chauffe encore aujourd'hui, avec un succès complet, la salle de la Bourse de Paris.

Un grand nombre d'usines et d'ateliers sont depuis longtemps chauffés par la vapeur perdue des machines sans condensation, et les résultats en sont partout excellents, quand l'appareil a été monté avec soin, et qu'on lui a donné les formes et les proportions nécessaires.

Dispositions principales. — Les calorifères à vapeur comprennent :

- 1° L'appareil producteur ou générateur de vapeur;
- 2° Les conduites distribuant la vapeur dans tout l'édifice à chauffer;
- 3° Les appareils chauffeurs ou condensateurs de vapeur placés dans les pièces chauffées, ou à leur proximité quand on emploie l'air chaud comme intermédiaire;
- 4° Les conduites de retour d'eau condensée vers le générateur.

Nous allons étudier séparément les dispositions nécessitées par chacune de ces fonctions distinctes :

1° Chaudières et générateurs de vapeur et leur appareils de service et de sûreté. Un article spécial, faisant partie de cet ouvrage (1) donnant sur ce point tous les détails nécessaires, nous sommes ainsi dispensés d'en parler;

2° Conduites distribuant la vapeur: ces conduites doivent avoir un diamètre assez grand pour diminuer la résistance due aux frottements, elles doivent être bien enveloppées et garanties contre le froid. Enfin, il est indispensable de les faire monter d'abord jusqu'à l'étage le plus élevé de l'édifice à chauffer. Arrivées à cette hauteur on les ramifie vers les tuyaux de distribution spéciaux à chaque étage et à chaque pièce. Ces tuyaux distributeurs doivent aussi avoir une direction presque verticale, afin d'éviter les dépôts d'eau de condensation qui pourraient s'y former et qui occasionneraient des bruits et claquements et parfois des ruptures de tuyaux par la force vive que leur communiquerait la vapeur lancée à grande vitesse dans les conduites. On évite aussi avec cette disposition les inconvénients de la gelée pendant les arrêts du chauffage.

Enfin le tuyau sert lui-même de *retour d'eau* (au moins jusqu'aux appareils de condensation) ce qui évite la dépense d'un tuyau spécial. Ces conduites sont aussi munies de compensateurs permettant leur libre dilatation, fig. 18 et 19. Il faut surtout éviter de leur donner la forme d'un siphon renversé, car il se formerait, dans le point le plus bas, des dépôts d'eau qui seraient forts gênants;

3° Appareils de chauffage ou condensateurs de vapeur placés dans les pièces; Ces appareils doivent aussi, autant que possible, présenter des circulations verticales, donnant un facile écoulement à l'eau condensée.

On fait parfois précéder ces appareils de détendeurs de vapeur, pour les soustraire à la fatigue et aux ruptures que causerait une trop grande pression. Et on les fait souvent suivre de purgeurs automatiques de l'eau condensée.

On donne à ces appareils la forme de poêles ou de piédestaux, et on dispose

(1) Consulter l'article chaudières et générateurs, par MM. Droux et Grenier-Chevalier.

parfois l'intérieur de ces poêles en récipients annulaires contenant un certain volume d'eau de condensation qui contribue à maintenir la durée du chauffage après la fermeture des prises de vapeur.

Ces poêles sont également munis de robinets souffleurs, fig. 20, parfois automatiques, permettant la sortie de l'air au moment de l'introduction de la vapeur,

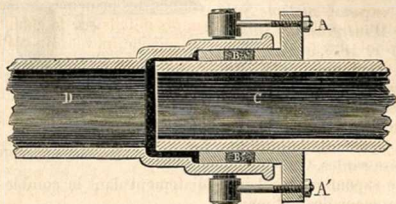


Fig. 48. — Compensateur.

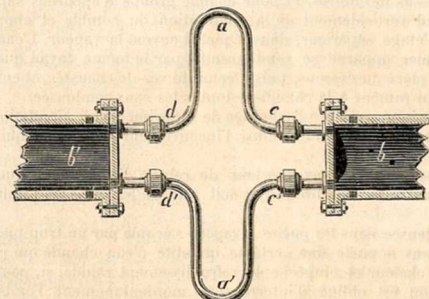


Fig. 49. — Compensateur.

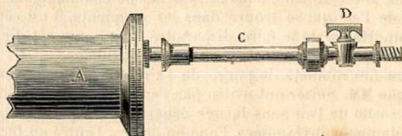


Fig. 20. — Souffleur.

et de reniflards, fig. 21, permettant sa rentrée à la fin des périodes de chauffe; pour éviter l'écrasement et la compression que subiraient sans cela les surfaces extérieures des poêles. On estime ordinairement à $1^{\text{k}},8$ la quantité de vapeur condensée par mètre carré de surface métallique, ce qui produit environ:

$$537 \times 1,8 = 969 \text{ calories par m}^2.$$

4° Conduites de retour d'eau:

Ces conduites doivent avoir de fortes pentes évitant les dépôts d'eau; il faut donc éviter de les faire passer horizontalement dans l'épaisseur des planchers.

Ces conduites de retour sont parfois supprimées, et simplement remplacées par de courts tuyaux munis d'un robinet de réglément évacuant la vapeur et l'eau condensée directement au dehors, ces robinets forment alors souffleurs et reniflard.

Calorifère à vapeur, système Sulzer frères de Winterthur, Suisse, exposé en 1867 et 1878 à Paris. — « MM. Sulzer (1), ont établi des chauffages à vapeur dans un grand nombre d'édifices, et notamment à l'école polytechnique de Zurich. On remarque dans leurs installations des dispositions intéressantes.

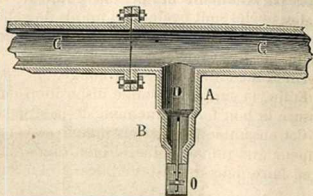


Fig. 21. — Reniflard.

Les tuyaux de vapeur montent immédiatement dans le comble et y circulent dans toute la longueur des bâtiments.

Les poêles à vapeur sont placés dans les divers étages, autant que possible les uns au-dessus des autres, et pour chaque groupe d'appareils superposés, un tuyau descend verticalement de la canalisation du comble et aboutit d'abord au poêle de l'étage supérieur, dans lequel il envoie la vapeur. L'eau condensée dans ce premier appareil se rend ensuite, par le même tuyau que la vapeur, au récipient placé au-dessous, puis à celui du rez-de-chaussée, et enfin au tuyau de retour, qui ramène à la chaudière toutes les eaux condensées.

Cette disposition présente l'avantage de supprimer toute circulation de vapeur dans les planchers et diminue ainsi l'inconvénient des fuites qui peuvent se produire.

La suppression des tuyaux spéciaux de retour d'eau pour chaque appareil, simplifie en outre la canalisation et doit réduire les frais de premier établissement.

L'eau condensée dans les poêles à vapeur s'écoule par un trop plein, de sorte qu'il reste dans le poêle une certaine quantité d'eau chaude qui constitue un réservoir de chaleur et empêche le refroidissement rapide, si, pour une cause quelconque, on est obligé d'interrompre momentanément l'émission de la vapeur. On remédie ainsi à un des principaux inconvénients du chauffage simple à vapeur. Il est difficile, dans ce système de chauffage, de se débarrasser complètement de l'air qui se trouve dans les récipients, il est cependant de la plus grande importance de le faire disparaître, parce que cet air gêne la condensation de la vapeur et peut même arrêter le chauffage.

La manœuvre des robinets de purge de l'air pour chaque récipient est une complication que MM. Sulzer ont évitée par l'emploi d'un appareil automatique qui permet la sortie de l'air sans laisser échapper la vapeur; il se compose de deux lames métalliques juxtaposées, l'une en cuivre, l'autre en fer. La première commande une petite soupape disposée pour fermer un orifice ménagé sur le poêle; lorsque l'air remplit ce dernier, la température est relativement peu élevée, et la soupape laisse l'orifice ouvert. Quand la vapeur arrive et chasse l'air, la température s'élève; et la dilatation plus grande de la tige de cuivre fait fermer la soupape cette disposition très-simple imaginée par MM. Sulzer mérite d'être signalée. »

Calorifère à vapeur, système Geneste et Herscher, exposé en 1878, à Paris. —

(1) Ser, Rapports du jury international.



La maison Geneôte et Herscher a construit un certain nombre de chauffages à vapeur établis dans des conditions excellentes, et dont les différents organes sont parfaitement étudiés au point de vue pratique de leurs fonctions spéciales.

Leurs détendeurs de pression nous semblent bien combinés. Il en est de même de leurs poêles verticaux qui sont garnis de réservoirs d'eau annulaires permettant un chauffage prolongé.

Enfin, la simple et solide disposition donnée à leurs appareils purgeur d'eau, assure le bon fonctionnement de la circulation de la vapeur.

Cet ensemble d'appareils ingénieux constitue donc un système de chauffage à vapeur fort remarquable, et bien digne des vastes applications qu'on se prépare à en faire dans de vastes édifices, notamment à l'Hôtel-de-Ville de Paris.

Calorifère à vapeur et à eau chaude, système Grouvelle, dessins exposés en 1878 par Grouvelle fils. — L'habile et savant ingénieur Grouvelle est l'inventeur de cet excellent système de chauffage qui réunit les avantages des calorifères à eau à basse pression, avec ceux des calorifères à vapeur, tout en évitant les défauts de chacun de ces deux procédés. Pour faire bien saisir les qualités de ce système nous laisserons la parole à son ingénieux inventeur: « Comme nous l'avons dit, la circulation d'eau directement chauffée par foyer a des défauts qui en rendent l'emploi difficile ou dangereux;

1° Les hautes pressions que supportent les appareils quand on veut chauffer plusieurs étages avec une seule circulation, et les accidents qui peuvent en résulter;

2° La nécessité de restreindre dans les limites assez resserrées d'un développement de tuyaux de 200 mètres à peu près, le service multiple d'un même appareil chauffeur conduisant avec son tuyau d'ascension un certain nombre de circulations descendantes, d'où résulte la nécessité absolue de multiplier dans les grands édifices les chaudières et les foyers.

Accoutumé à puiser dans les diverses industries, des procédés et des ressources appliqués ensuite avec de grands résultats à d'autres travaux, nous avons remarqué que le chauffage des édifices publics manquait d'un moyen général central et simple de production et de répartition de chaleur, qui n'eût ni les défauts que nous venons de montrer pour la circulation d'eau, ni ceux du chauffage à vapeur qui sont: un chauffage difficile à graduer dans les températures modérées, et par conséquent toujours au maximum; la difficulté de régler la température sur une grande longueur, et enfin le refroidissement instantané de tout l'appareil au moment de la fermeture des robinets d'introduction de vapeur.

Nous avons reconnu que ces qualités qui manquent au chauffage à vapeur, c'est-à-dire les qualités d'émission et d'égalisation de chaleur, sont positivement les plus hautes qualités de la circulation de l'eau, et qu'au contraire, les qualités importantes qui manquent au chauffage à circulation, celles de transport et de distribution se trouvent à un haut degré dans le chauffage à vapeur, le plus puissant et le plus rapide moyen de transport de chaleur qui existe.

Nous nous sommes demandé si par leur combinaison ces deux procédés ne se complèteraient pas réciproquement et ne donneraient pas un système capable de suffire pleinement et largement aux besoins les plus compliqués des édifices publics et des habitations particulières, et nous avons trouvé dans les manufactures de toiles peintes, les blanchisseries, teintureries, etc, le procédé complet et tout pratique que nous cherchions, c'est-à-dire la vapeur employée uniquement comme *moyen de transport*, pour chauffer de nombreux réservoirs d'eau placés à tout niveau et à toute distance, jusqu'à plus de 500 mètres si l'on veut.

Nous avons alors compris qu'en fractionnant les circulations d'eau et les poêles, par étage et par localités, et en leur envoyant la chaleur dont ils ont besoin au moyen de la vapeur sortie d'un générateur unique et central, pour un édifice entier, si grand qu'il puisse être, et si nombreux que soient les points à chauffer, nous atteindrions complètement le but, par un moyen tout nouveau dans son application particulière au chauffage des monuments publics, mais éprouvé dans l'industrie par les plus belles applications, circonstance heureuse qui donne ainsi d'avance au procédé nouveau la sanction de l'expérience. »

L'expérience pratique de ce système a, en effet, établi les excellents résultats prévus par son inventeur, et de nombreuses et grandioses applications en ont constaté la haute valeur pratique.

Appliqué d'abord à la prison Mazas, il a suffi pendant longtemps au chauffage de ce vaste édifice. Il y a été remplacé, après usure des appareils, par un chauffage à vapeur que nous décrirons plus loin, au chapitre des prisons, où nous donnons aussi plus de détails sur le système Grouvelle.

Autres appareils exposés. — *France dans le palais classe 27*, nous signalons d'abord une cheminée de salle à manger, en tôle, construite par Hurez, de Paris. La composition et l'exécution de cette belle pièce, donnent une haute idée du talent de nos constructeurs parisiens, et font le plus grand honneur à l'honorable et habile exposant et à ses coopérateurs.

Une grande cheminée en tôle repoussée, vernie et dorée, est exposée par la maison Laperche, de Paris. Malgré le talent d'exécution de cette grande pièce, nous sommes loin d'en admirer l'ensemble. La composition laisse à désirer, elle est empreinte d'une certaine lourdeur, et les ornements dorés dont on l'a surchargée n'ont point l'air de faire corps avec la cheminée, ils sont accrochés et non joints à la construction.

Nous préférons de beaucoup, à ce lourd morceau d'architecture, la superbe cheminée exposée par Laperche en 1867, exécutée en tôle polie sans vernis et sans dorures.

La maison Demotte et Gœseells, de Paris, expose une charmante cheminée de salle à manger, en tôle, avec ornements d'acier poli sur fond mat, du plus heureux effet et dont la composition générale est empreinte d'une élégance toute artistique.

Signalons encore, dans le palais, les foyers de la Compagnie du gaz, dont le bon marché n'empêche pas l'excellente exécution; et transportons-nous dans l'annexe de la classe 27.

Les cheminées en fonte émaillée, exposées par Godin, de Guise, sont d'un excellent usage, l'émail résiste parfaitement bien à une grande chaleur; la garniture en terre réfractaire du foyer assure d'ailleurs à ces appareils une durée prolongée.

La maison Lallier et Octrue, de Paris, expose une remarquable cheminée à houille, en tôle polie et repoussée dont l'ensemble et les détails sont du plus heureux effet. La maison Viellard, de Paris, expose une série nombreuse de cheminées à gaz dont l'exécution est soignée. Mais nous ne saurions recommander l'emploi de ces gracieux appareils, où la flamme est *cachée avec soin* et dont le rayonnement direct est perdu sous une corniche. Nous avons déjà vu, en parlant des combustibles, le peu d'effet utile et le haut prix de ce mode de chauffage, dont l'usage doit être restreint à de très-petites pièces, occupées pendant un temps très-court.

Grande-Bretagne. — La maison Feetham, de Londres, expose plusieurs grilles et garnitures de foyer, en acier poli, dont l'exécution est parfaite. Le style est d'ailleurs en rapport avec celui de l'architecture anglaise qui encadre la cheminée



Il en est de même de la cheminée anglaise du XVII^e siècle, exposée par Longden, de Sheffield. Mais de plus cette cheminée a l'avantage, (rare en Angleterre) de fournir de l'air pur échauffé.

La maison May, de Cowes, expose plusieurs charmantes petites cheminées pour cabines de Yachts, qui sont d'une rare élégance et d'un dessin très-pur. Leur ornementation au moyen de plaques en porcelaine de Minton, est parfaitement réussie, et elle contribue à faire de ces gracieux appareils de véritables objets d'art, bien dignes de figurer sur l'admirable flotte de Yachts, qui est une des merveilles de l'Angleterre.

Les ingénieurs Rosser et Russell, de Londres, fabriquent un modèle de cheminée à air chaud, qui nous paraît préférable aux cheminées anglaises ordinaires en fonte, sans prise d'air.

La maison Steal et Garland, de Sheffield, expose une cheminée en acier poli avec projection d'air chaud, dont l'exécution est remarquable.

En somme la Grande-Bretagne offre des produits excellents, qui ont grand air par leurs larges dimensions et par la manière très-franche de la composition, qui a surtout pour principe de mettre en évidence les éléments essentiels de la combustion et d'en former un harmonieux ensemble.

Belgique. — Les maisons Mouly, Slovers, Toussaint, Van Noten, Wandewiele; de Bruxelles, exposent de charmants intérieurs de cheminées de tous styles et d'une exécution excellente.

Il en est de même des maisons Hansen, et Schaeffer, d'Anvers.

Hongrie. — L'ingénieur Fischer Ignasez, de Buda Pesth, expose une cheminée en faïence blanche, d'un gracieux effet décoratif et d'une exécution poussée jusqu'à la perfection; les arêtes de cette faïence sont aussi vives que celles qu'on obtient du marbre, ce morceau capital fait grand honneur à l'exposant.

Les autres nations n'ayant point exposé de foyers, nous terminerons donc ici la revue des cheminées exposées en 1878.

Autres poêles, exposés en 1878, France, classe 27. — L'ingénieur Hurez, de Paris, expose deux poêles, dans le style des poêles belges, dont l'exécution est fort remarquable.

Boucher, de Paris, expose plusieurs poêles pour écoles, d'un assez bon aspect, mais dont les prises d'air sont complètement insuffisantes pour la ventilation des locaux encombrés d'enfants.

Paillard, de Paris, expose des poêles à combustion lente, système Joly, dont plusieurs sont fort élégants; nous ferons toutefois remarquer que le système Joly expérimenté à l'exposition de 1867, y a donné des utilisations très-faibles (1); la longue durée de la combustion étant due, dans ces appareils, au manque d'oxygène, il y a production d'oxyde de carbone à l'intérieur et par conséquent perte de près de la moitié de la puissance du combustible employé.

Piet, de Paris, expose un poêle enveloppé de faïence, destiné au chauffage des écoles dont la prise d'air nous paraît encore insuffisante.

Les ingénieurs Roy et Piquefeu exposent des poêles céramiques dont la décoration est bien traitée.

Dans la classe 20, nous avons admiré les poêles en faïence de Delaisse, de Lœbnitz, de Vogt, tous les trois fabricants à Paris, dont les modèles exposés portent l'empreinte d'un goût sûr, et sont d'une exécution brillante.

(1) Un chapitre sur le chauffage, par Tronquoy, chez E. Lacroix, p. 10.

Godin, de Guise, expose, dans l'annexe 27, des poêles émaillés dont la construction est bien comprise et l'entretien facile.

La maison Geneste et Herscher expose deux poêles d'école, dont la construction est très-soignée, ils sont enveloppés de laine de scories, matière peu conductrice, car son état filamenteux empêche la propagation des vibrations calorifiques. Mais la prise d'air du poêle rond pour 50 élèves est égale à 0m²,04, ce qui donnerait à peine 300m³ par heure, au lieu des 1000m³ qui sont nécessaires.

Aubert, de Paris, expose un poêle à grille mobile et à double enveloppe, dont il faut surtout remarquer l'ingénieuse disposition de la clef régulateur, qui en s'ouvrant, laisse *entièrement libre* toute la section du tuyau de fumée.

L'ingénieur Nicora, de Paris, expose un poêle dont la disposition est excellente, et dont l'exécution est un modèle de précision et d'ajustage.

Nous signalerons encore le poêle Leras à circulation verticale et prise d'air pur bien disposée.

Belgique. — L'ingénieur de Lairesse, à Liège, expose une pièce hors ligne, c'est un poêle calorifère en bronze et acier, style Renaissance, d'une composition puissante et d'un grand effet décoratif.

Suède. — La Suède est brillamment représentée à Paris, en poêles métalliques et céramiques, ses produits d'une disposition excellente, présentent en outre de grandes dimensions verticales, et ils nous paraissent supérieurs à tout ce qui s'est fait en France et ailleurs.

La compagnie de Rörstrand, à Stockholm, expose des poêles cheminées en faïence, richement décorés et d'une excellente exécution.

La compagnie Bolinder, de Stockholm, expose une série de poêles en fer, de grandes dimensions. Une disposition ingénieuse permet de prendre à volonté l'air à chauffer dans la pièce, ou au dehors. La prise d'air est large, ce qui joint à la grande hauteur des poêles assure une abondante et rapide entrée d'air pur. Le foyer est garni de briques réfractaires, le tuyau de fumée est garni de broches faisant saillie dans le courant de fumée et dans le canal de prise d'air, ce qui chauffe cet air par contact et diminue d'autant, par conductibilité, la température de la fumée. Le tuyau à fumée présente de plus la forme annulaire et le milieu et l'extérieur de cet anneau servent au passage de l'air pur. La fumée laminée entre ces deux cylindres leur cède rapidement sa chaleur, car ils sont parcourus par un courant rapide d'air pur qui s'échauffe au contact des deux cylindres et à celui de l'enveloppe extérieure, en tôle ondulée.

L'évacuation de l'air vicié est d'ailleurs assurée au moyen d'un tuyau spécial. Le poêle calorifère Bolinder est donc un type d'un mérite exceptionnel, et il nous paraît certainement supérieur à tous ceux connus.

L'ingénieur Lamm, à Stockholm, expose un poêle calorifère métallique qui présente une grande partie des mérites du précédent.

La fermeture hermétique est assurée au moyen de portes à mouvement vertical se forçant sur un biseau.

Ce poêle est très-remarquable, et ses vastes dimensions lui assurent une puissance énorme de chauffage. En résumé les poêles suédois nous semblent fort heureusement conçus et parfaitement exécutés, et nous pensons qu'il y aurait lieu de s'inspirer de ces beaux modèles afin d'en étendre les applications dans tous les pays où les froids sont rigoureux.

Russie. — L'usine d'Abo, (Finlande), expose un poêle calorifère en fonte, à ailettes et saturateur dans le genre du système Gurney, Andsten, à Helsingfors (Finlande), expose de charmants poêles en faïence blanche d'une grande pureté.

L'ingénieur Flavitzki, de Saint-Petersbourg, auteur d'un ingénieux système de



ventilation par doubles fenêtres (1), expose plusieurs calorifères en terre émaillée, et un modèle d'anémomètre à timbre, qui n'est point aussi nouveau que le pense le général Morin, car nous trouvons justement dans les *Annales du Conservatoire* (1860) tome I, p. 377, le passage suivant, du professeur Tresca, sur l'anémomètre Combes; « Un petit *timbre* est d'ailleurs disposé pour sonner chaque dizaine, et aide encore à la sûreté des observations. »

L'architecte Sviatzeff, à Saint-Petersbourg, bien connu par son ouvrage sur le chauffage, expose un petit modèle de poêle calorifère.

Enfin l'ingénieur Schouberski, à Saint-Petersbourg, expose un poêle en fer à roulettes, fort commode pour chauffer faiblement et successivement plusieurs pièces. Ce poêle est connu à Paris sous le nom de poêle Américain.

Autriche. — L'ingénieur Heim, de Vienne, expose plusieurs poêles système Meidinger, d'une admirable exécution; la fonte de fer y est traitée avec élégance et une grande netteté.

Il en est de même pour les poêles Geburth, de Vienne, qui expose de nombreux modèles, d'une excellente exécution.

Suisse. — La maison Bodmer et Biber, au Seefeld, expose des poêles en faïence très-heureusement composés, dans tous les styles, et qui peuvent être introduits, grâce à leur élégance, dans les appartements les plus somptueux.

Danemark. — La compagnie des fondeurs, de Copenhague, expose plusieurs poêles en fonte verticaux, dont le tuyau à fumée porte des renflements, qui augmentent considérablement sa surface de chauffe; une large prise d'air pur assure l'heureux effet de ces puissants appareils qui semblent répondre aux besoins d'un énergique chauffage et d'une abondante ventilation.

Le Danemark est d'ailleurs fort honorablement représenté dans la classe 27, par MM. Bønnesen et Ramsing, Riedel, Rosen; qui exposent d'ingénieux plans de chauffage et ventilation d'écoles, églises, wagons, hôpitaux; étudiés avec une rare indépendance et d'une façon toute personnelle, qui double leur mérite en affirmant la puissante vitalité du caractère Danois.

Autres calorifères exposés en 1878, France, Palais. — Nous signalerons d'abord l'excellent système dû à feu d'Hamelineourt, où la fumée passe dans un vaste corps central en montant jusqu'au sommet de l'appareil, arrivée en ce point, la fumée redescend dans plusieurs tuyaux verticaux, et elle s'échappe enfin dans la cheminée, après une circulation méthodique qui assure le bon emploi de la chaleur.

Les ingénieurs Gireaudau et Jalibert, exposent de bons modèles de calorifères, à circulation verticale et méthodique.

Besana expose un calorifère à circulations horizontales assez bien disposé, et surtout fort solidement exécuté.

Milhomme expose un calorifère à circulations horizontales et tubes carrés, qui présentent une large surface de chauffe.

Michel Perret expose un calorifère céramique avec foyer à étages pour utiliser les poussières de combustibles, qui atteint parfaitement ce but spécial. Mais le prix énorme de ce calorifère (1000 fr par M² de céramique), le grand volume qu'il occupe, la manœuvre compliquée et la saleté produite par les manipulations de poussier, s'opposent à son emploi dans les habitations.

France, annexe du chauffage. — L'ingénieur Réveillac expose de solides

(1) Une brochure chez E. Lacroix, à Paris.

calorifères en fonte, et tout un excellent système de tuyaux en fonte pour leur construction.

L'ingénieur Rousseau expose un calorifère à circulations verticales, d'une exécution soignée.

Langlois expose un calorifère en tôle bien combiné pour la circulation méthodique des gaz du feu.

La place nous fait défaut pour citer tous les autres appareils exposés, et nous sommes forcé d'arrêter ici cette revue générale des appareils de chauffage.



Nous nous réservons le droit de traduire ou de faire traduire cet ouvrage en toutes langues. Nous poursuivrons conformément à la loi et en vertu des traités internationaux toute contrefaçon ou traduction faite au mépris de nos droits.

Le dépôt légal de cet ouvrage a été fait en temps utile, et toutes les formalités prescrites par les traités sont remplies dans les divers Etats avec lesquels il existe des conventions littéraires.

Tout exemplaire du présent ouvrage qui ne porterait pas, comme ci-dessous, notre griffe, sera réputé contrefait, et les fabricants et les débitants de ces exemplaires seront poursuivis conformément à la loi.

La 1^{re} partie des *Annales et Archives de l'industrie au XIX^e siècle, ou Nouvelle technologie des arts et métiers*, est composée des *Études sur l'Exposition de 1867*, 8 vol. et un atlas de 250 planches. Prix : br., 80 francs ; rel., 100 francs.