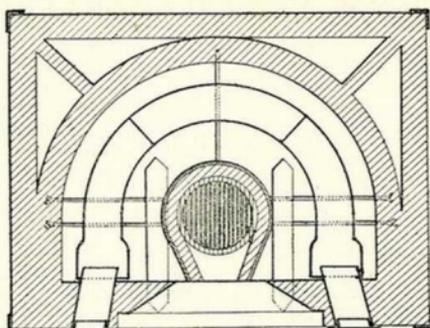
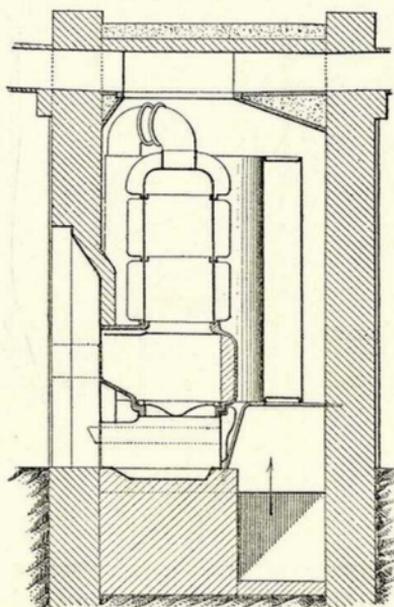


Au bas de la chambre de chaleur sont disposés deux vases remplis d'eau et destinés à jouer le rôle de saturateurs.



Coupe horizontale



Coupe longitudinale

Fig. 144. — Calorifère Geneste Herscher.

L'air frais arrive au bas de l'appareil et s'échauffe en montant le

long de l'hémicycle et de la cloche ; les joints de celle-ci sont à rainures très profondes et à bain de sable, les joints du raccord entre la cloche et l'hémicycle et ceux de l'hémicycle lui-même sont boulonnés.

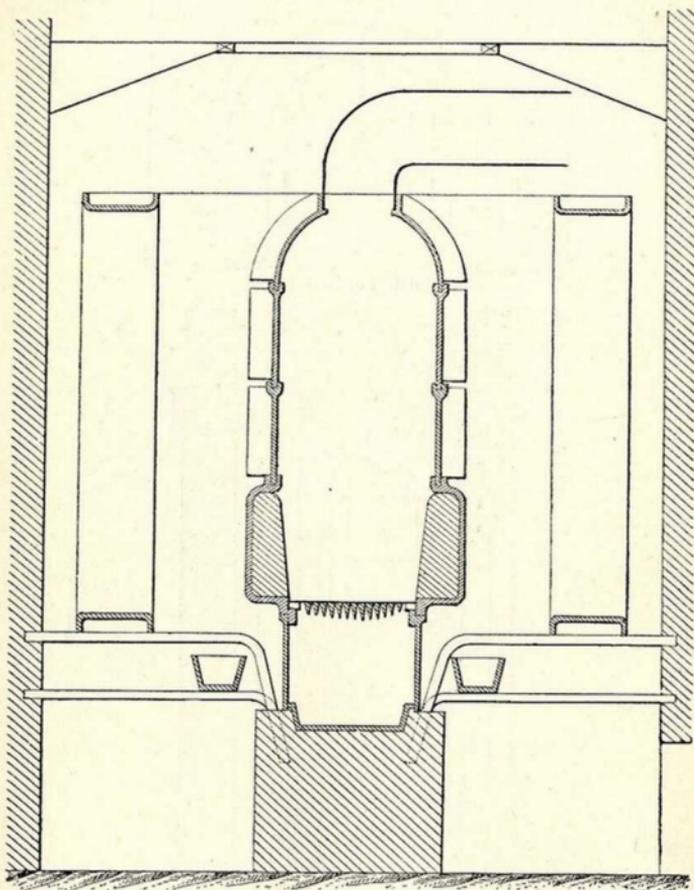


Fig. 143. — Calorifère Geneste Herscher (coupe transversale).

Ce calorifère est très bien compris, simple, facile de montage ; il a toutes les propriétés des calorifères à tubes verticaux, mais avec moins de joints, moins de dislocations possibles ; la cloche est peu

exposée à rougir et la surface de chauffe est considérable dans un espace restreint.

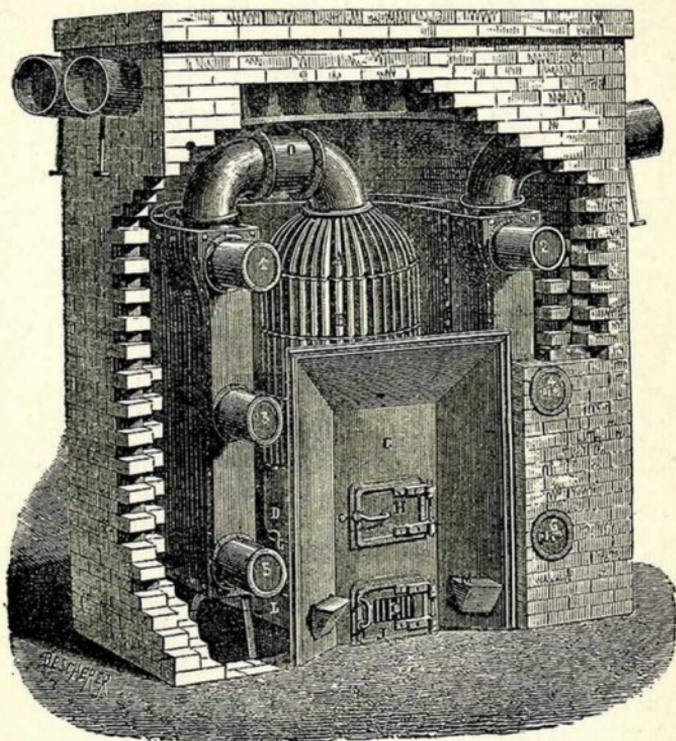
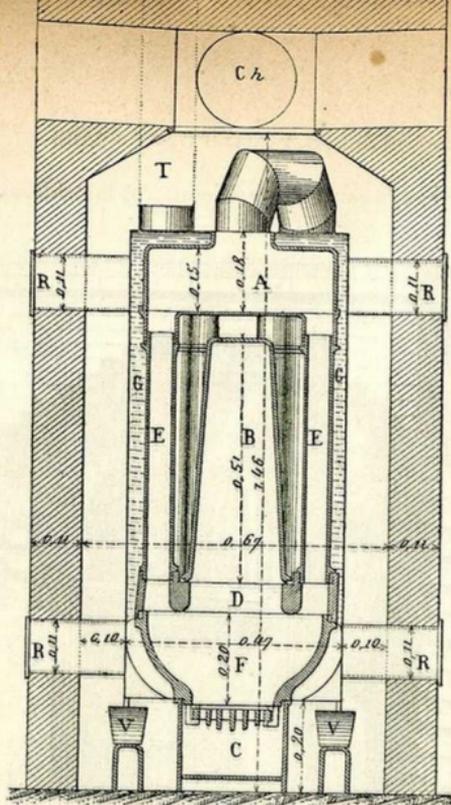


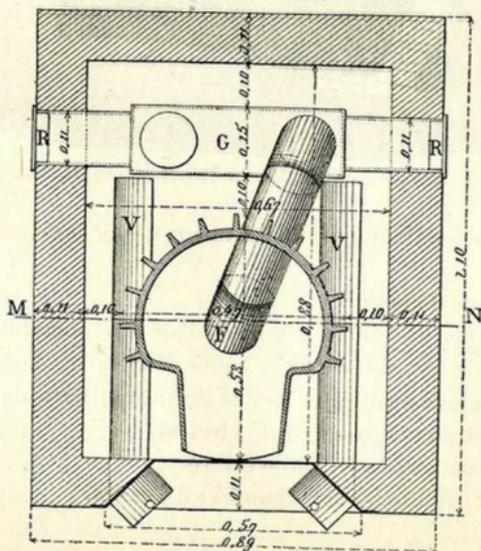
Fig. 146. — Calorifère Geneste Herscher, vue de la façade.

C'est le calorifère qui semble le mieux réunir les conditions principales :

- Economie d'emploi,
- Production de grandes masses d'air à température modérée,
- Eléments de surface de chauffe verticaux, d'où circulation rapide de l'air et facilité de transmission de la chaleur,
- Facilités de nettoyage et d'entretien,
- Joints étanches et dilatation libre,
- Parois métalliques non chauffées à l'excès,

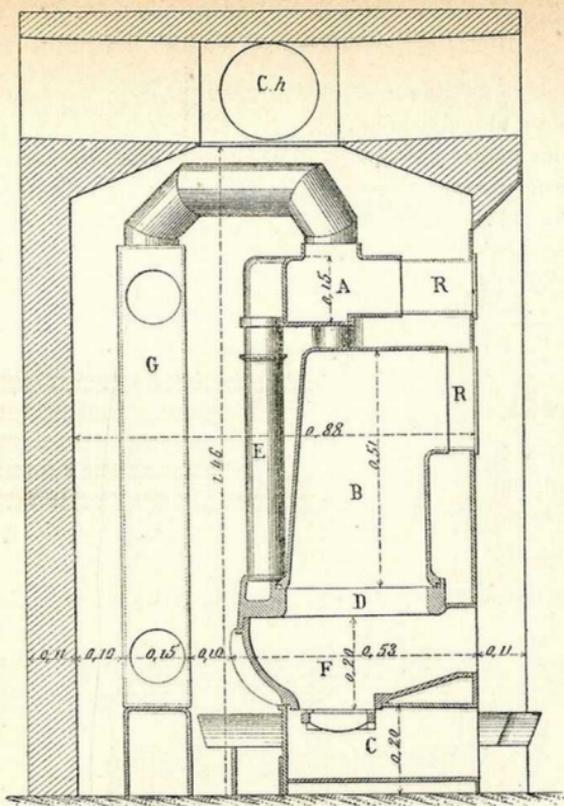


Coupe transversale

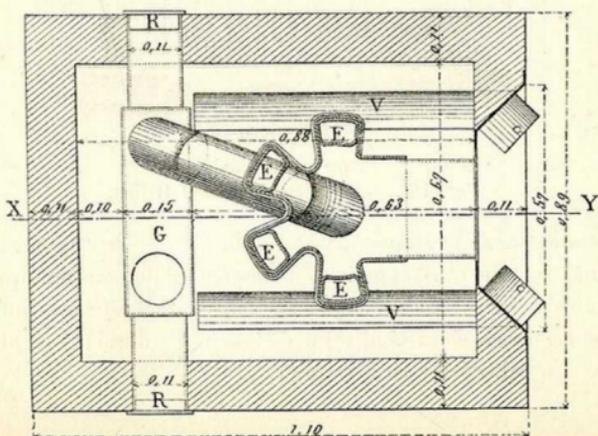


Coupe horizontale

Fig. 147. — Thermo conservateur Geneste Herscher aménagé en calorifère à air chaud.



Coupe longitudinale



Parois toutes au contact de l'air neuf,
Vases d'humidification.

Pour les petites puissances, MM. Geneste Herscher aménagent leur thermo-conservateur de façon à en faire un calorifère à air chaud (fig. 147).

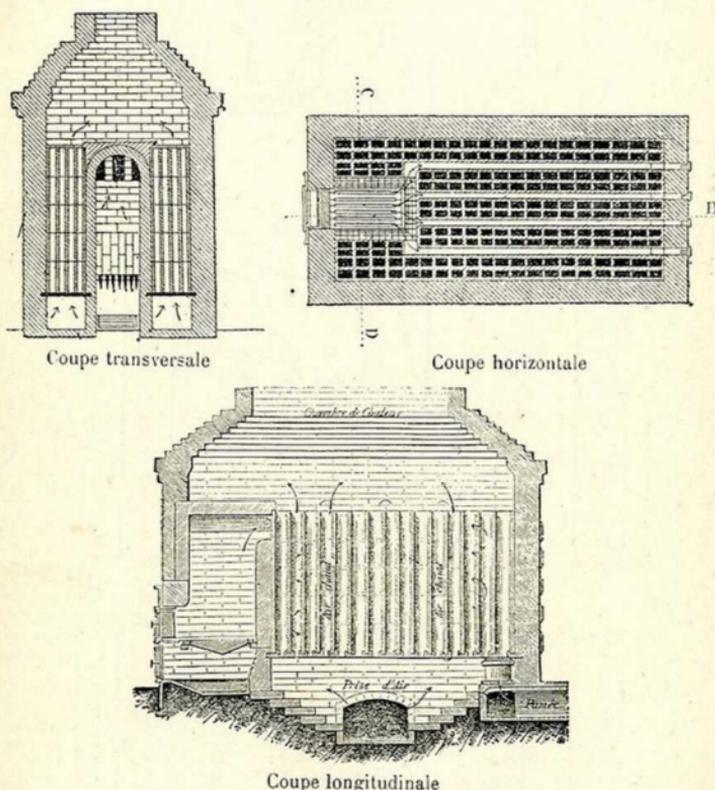
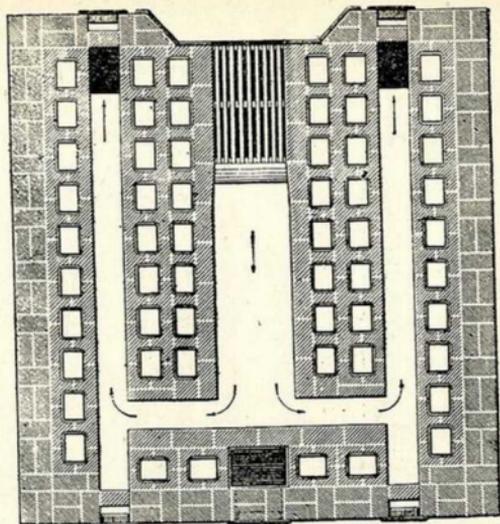
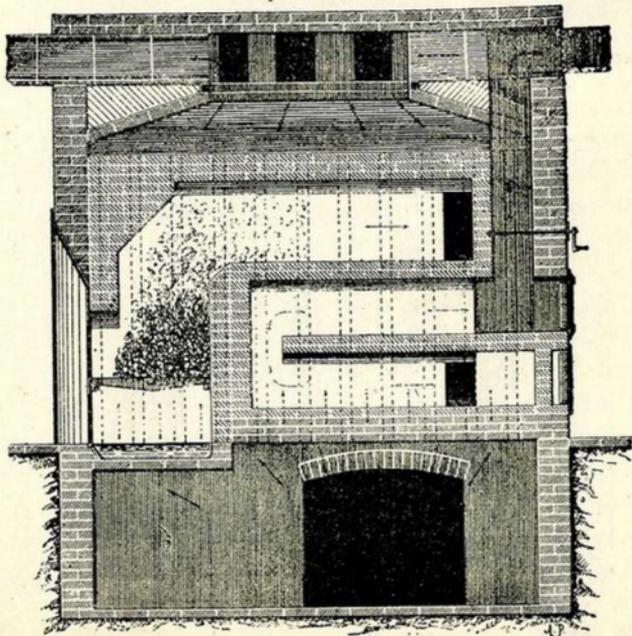


Fig. 148. — Calorifère Gaillard et Haillet.

1. **Calorifères céramiques** (fig. 148, 149). — Les appareils métalliques ont tous plus ou moins l'inconvénient de communiquer une mauvaise odeur à l'air qui circule à leur contact, et leurs joints ne donnent pas une sécurité absolue d'étanchéité; aussi a-t-on cherché à faire des calorifères en céramique.

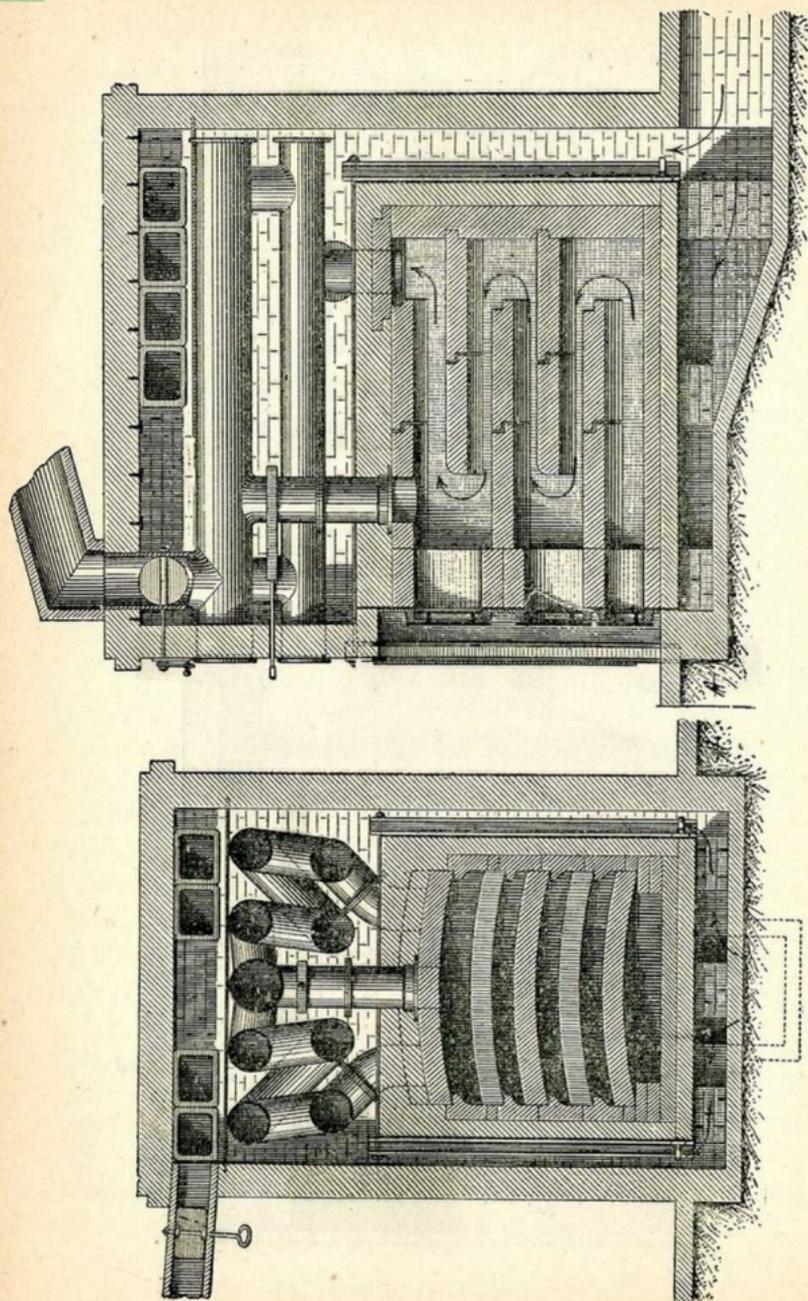


Coupe horizontale



Coupe longitudinale

Fig. 149. — Calorifère céramique.



Coupe longitudinale

Coupe transversale

Fig. 150. — Calorifère avec foyer Michel Perret.



Le foyer est placé dans une enceinte en maçonnerie et tout l'espace en dehors du foyer est construit en poteries creuses et sert à la transmission de la chaleur.

Les carreaux de fumée, horizontaux et chicanés dans le sens de la hauteur, aboutissent à un grand collecteur qui conduit les gaz à la cheminée ; ils sont répartis de telle sorte que le mouvement de la fumée se fasse de haut en bas.

L'air arrive à la partie inférieure du calorifère, circule en s'élevant par courants dans les poteries creuses pour se réunir à la partie supérieure de la chambre de chaleur.

Au lieu de poteries creuses, on peut employer des tubes en tôle emboîtés exactement, sans isolement, dans la matière céramique, afin d'éviter tous effets d'endosmose, toute odeur communiquée à l'air chaud par la fumée.

Ce genre de calorifère est très hygiénique ; il fait volant ou réservoir de chaleur et permet de continuer le chauffage longtemps après l'extinction du feu, mais il est très encombrant et manque d'élasticité, ce qui l'a empêché de se répandre pour le chauffage des habitations.

Qualités et défauts des calorifères à foyer. — Les qualités des calorifères à air chaud, à foyer, sont de donner une transmission élevée et par conséquent d'être assez économiques d'installation, économiques aussi d'exploitation car ils peuvent être conduits par tout le monde, faciles de réparation ; leurs défauts sont de donner un air dur, difficile à respirer, souvent mélangé de gaz toxiques, ayant parfois une odeur désagréable, ce qui en condamne l'emploi dans tous les lieux où l'hygiène doit être observée rigoureusement, tels que dans les hôpitaux, les classes d'enfants et d'adultes, les chambres à coucher, partout enfin où il y a agglomération continue d'individus pendant un temps long, partout où l'on doit dormir pendant plusieurs heures.

Il est cependant possible de chauffer ces locaux au moyen de l'air chaud en employant des calorifères à eau ou à vapeur.

CALORIFÈRES A EAU CHAUDE ET A VAPEUR

De ces calorifères il ne sera parlé ici que succinctement, sauf à y revenir, pour leur détermination, lors de l'étude des chauffages à eau et à vapeur.

Un calorifère à eau ou à vapeur ne diffère des calorifères déjà décrits qu'en ce que le foyer est supprimé et que la surface de chauffe qui peut être formée soit de tubes horizontaux, soit de tubes verticaux unis ou lamés, soit de tôles laissant entre elles un espace vide, est parcourue par le fluide chaud qui est de l'eau ou de la vapeur au lieu d'être des gaz de combustion.

On voit de suite, qu'avec ce système, les inconvénients, au point de vue de l'hygiène, qui provenaient tous des gaz de la combustion et de la possibilité pour la fonte du foyer de rougir, disparaissent entièrement.

Quand on emploie ce système de calorifère, on ne peut guère élever la température de l'air de chauffage de plus de 60° et il est bon de ne compter que sur une élévation de la température de l'air froid de 40° (eau à basse pression) ou 50° (vapeur) ;

Si le calorifère est à vapeur à la pression de 1 kilogramme, la transmission ne dépasse pas, non plus, 1000 calories par heure et par mètre carré de surface de chauffe si les tuyaux sont lisses, et 500 calories si les tuyaux sont à lames ; si le calorifère est à eau à basse pression cette transmission n'atteint que 500 calories par mètre carré de surface de chauffe en tuyau x unis, et 250 calories dans le cas des tuyaux à ailettes, la vitesse de l'air à échauffer n'étant que de 1 mètre environ au contact des surfaces.

En se basant sur ces chiffres, on peut, en opérant comme pour le calorifère à foyer, déterminer très approximativement la surface de chauffe d'un calorifère à vapeur ou à eau.

Le tableau suivant donne les valeurs très approchées de la transmission pour des vitesses de l'air de 1 et 3 m.

Température vapeur ou eau <i>t</i>	Température moyenne de l'air entre sa température à l'entrée dans la surface et sa tem- pérature à la sortie (9)	Transmission par heure et mètre carré	
		Vitesse de l'air de 1 mètre	Vitesse de l'air de 3 mètres
150°	30°	1200 calories	2400 calories
120°	30°	900 —	1800 —
100°	25°	750 —	1500 —
80°	20°	600 —	1200 —
60°	20°	400 —	800 —

Les surfaces de transmission sont supposées unies.

La vapeur ou l'eau ayant toujours une certaine pression, supérieure à celle de l'air qui s'échauffe, il est nécessaire que les joints soient faits avec beaucoup de soin, une fuite amenant fatalement un écoulement d'eau et des dégradations à l'enveloppe du calorifère.

Il faut aussi étudier avec attention la disposition des surfaces de chauffe et des tuyaux de distribution de manière qu'en aucun point il ne puisse se former de poches d'eau ; les tuyaux et les surfaces de chauffe doivent toujours avoir une pente dans le sens de l'écoulement de la vapeur ou de l'eau.

Tout ce qui a été dit pour les conduits d'air chaud, prises d'air froid, dans l'étude des calorifères à foyer, s'applique aux calorifères à vapeur et à eau.

Comme dispositions de surface de chauffe, ces calorifères se divisent en :

Calorifère à serpents (fig. 151), qui se compose d'une série de tubes en S verticaux partant d'un tuyau unique placé à la partie supérieure ; ce tuyau se branche sur un collecteur inférieur qui re-

cueille l'eau condensée dans le cas du calorifère à vapeur et est alors muni d'un purgeur d'eau et de vapeur ou ramène l'eau à la chaudière et passe alors un robinet dans le cas du calorifère à eau.

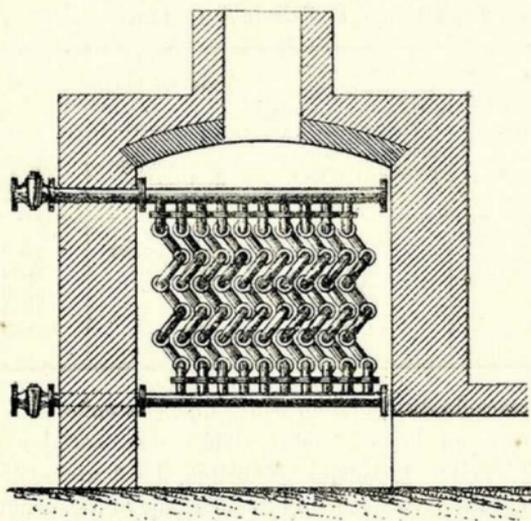


Fig. 151. — Calorifère à serpents.

L'ensemble de l'appareil est renfermé dans un chambre en maçonnerie à la partie inférieure de laquelle arrive l'air qui s'échauffe en circulant autour des tubes que l'on place en quinconce afin de mieux utiliser la surface de chauffe. De la partie supérieure de l'enveloppe partent les conduits de distribution d'air chaud (fig. 152 et 153).

Calorifère à surfaces planes dans lequel les tuyaux sont remplacés par des surfaces planes formées de deux tôles rivées sur tout le pourtour de la surface ; l'une des deux tôles est emboutie sur tout son périmètre de façon qu'après la rivure faite il reste, entre les deux parois intérieures, l'intervalle nécessaire à la circulation de la vapeur ou de l'eau.

La vapeur ou l'eau est distribuée à chaque surface semblable par

un tube branché sur un canal de distribution placé à la partie supérieure ; à la partie inférieure est une série de petits tubes se réu-

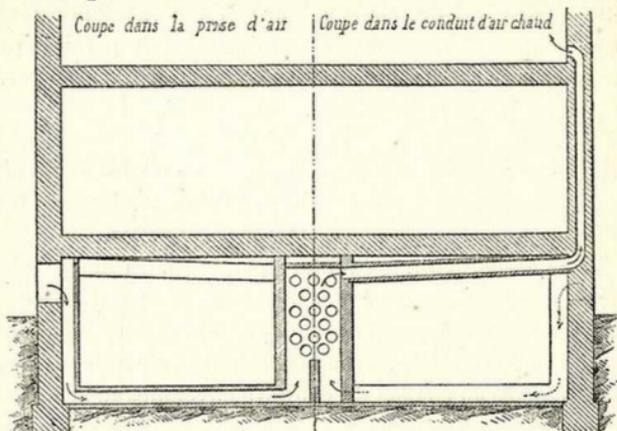


Fig. 152. — Disposition d'un calorifère à eau ou à vapeur.

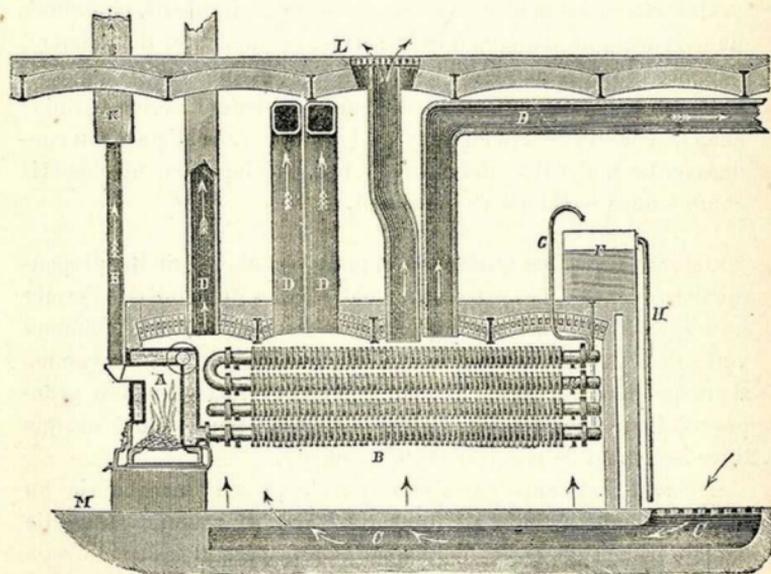


Fig. 153. — Disposition d'un calorifère à eau.

nissant dans un collecteur d'eau condensée ou de retour d'eau comme dans le calorifère précédent.

Cette surface est de même entourée d'une enveloppe généralement en briques et analogue, comme épaisseur de parois et précautions contre le refroidissement, à celle des calorifères à foyer. L'air froid arrive à la partie inférieure.

Calorifère à appareils tubulaires, formé de deux plaques tubulaires horizontales, réunies par des tubes verticaux et fermées tout autour par une enveloppe en tôle rivée sur elles.

Le fluide arrive par une tubulure placée sur la plaque tubulaire supérieure, et le retour ou l'écoulement d'eau condensée se fait par une autre tubulure opposée adaptée à la plaque inférieure.

Une enveloppe en briques entoure le tout ; l'air frais arrive par le bas et s'échauffe au contact du cylindre enveloppant le faisceau et dans les tubes du faisceau.

Calorifère à tubes verticaux ; ceux-ci pouvant être lisses ou munis de nervures afin d'augmenter la surface de chauffe et de donner à l'appareil le plus de puissance possible. Ces tubes sont branchés entre deux collecteurs, celui du haut, par lequel arrive le fluide chaud, celui du bas, par lequel part le fluide refroidi ou l'eau condensée. Le tout est renfermé dans une enveloppe en maçonnerie comme dans le calorifère précédent.

Calorifère à tubes horizontaux ; unis ou munis d'ailettes perpendiculaires à l'axe. Les extrémités sont réunies de manière à former un serpent, ou bien les tuyaux sont disposés sur des colonnes verticales et nourris comme si chacun fonctionnait seul, ou comme si chaque ligne verticale chauffait isolément ; ils sont encore groupés par lignes horizontales sur des collecteurs permettant à chaque ligne isolément de recevoir le fluide chaud.

Le tout est entouré d'une enveloppe en maçonnerie au bas de laquelle arrive l'air froid, qui vient se réunir à la partie haute formant chambre de chaleur ; de là partent les conduits de distribution d'air chaud.

Les inconvénients, au point de vue de la disposition de ces calorifères, sont ceux qui ont été indiqués pour les surfaces de chauffe, suivant leur forme, dans les calorifères à foyer.

Dans tous les cas un robinet doit commander le collecteur supérieur de distribution de fluide, et un purgeur ou un autre robinet doit pouvoir fermer le collecteur inférieur.

Avec les calorifères à eau et à vapeur on a un air sain à respirer, en grande quantité, et à température faible, sans mauvaise odeur (pour conserver cette qualité si la surface de chauffe est constituée par des tuyaux en fer, il ne faut pas employer l'eau à haute pression, ni la vapeur à une pression supérieure à 3 kilogrammes), mais leur dépense d'installation est plus grande ; l'assemblage des éléments est dispendieux et demande beaucoup de soins ; les appareils, robinets, purgeurs sont plus délicats et leur réparation nécessite un homme du métier.

CHAUFFAGE PAR L'EAU CHAUDE

Tous les appareils étudiés jusqu'ici ont été considérés au point de vue des économies d'installation et de combustible, de la rapidité et de la variabilité du chauffage, du rayon de distribution de la chaleur, et de la salubrité de l'air chauffé.

Les uns demandent une grande multiplicité de foyers amenant avec eux autant de chances d'incendie et de causes de perte de combustible pour l'allumage; tous chauffent assez rapidement mais ne permettent pas de porter la chaleur à une grande distance puisqu'avec le calorifère à air chaud on ne peut dépasser 13 mètres sans employer des moyens mécaniques. Tous enlèvent à l'air chauffé une partie plus ou moins grande de ses propriétés hygiéniques, et tous manquent de la qualité de pouvoir facilement multiplier, arrêter ou rétablir au besoin la chaleur, l'apporter là où elle est le plus nécessaire en supprimant les courants froids qui se produisent vers les parois extérieures.

L'eau est le premier véhicule de chaleur qui permette d'obvier à ces défauts. Il est docile, économique, salubre et durable dans ses effets; il est doué d'une capacité calorifique considérable, obéit aux lois de la pesanteur et permet de transporter la chaleur à des distances assez grandes.

INSTALLATION D'UN CHAUFFAGE A EAU

Une installation de chauffage à eau chaude se compose essentiellement :

1° D'une chaudière à eau du haut de laquelle part une colonne ascendante allant directement à la partie supérieure du bâtiment à chauffer, là se trouve un récipient, dit vase d'expansion, destiné à recevoir l'accroissement de volume de l'eau sous l'action de l'élevation de température ;

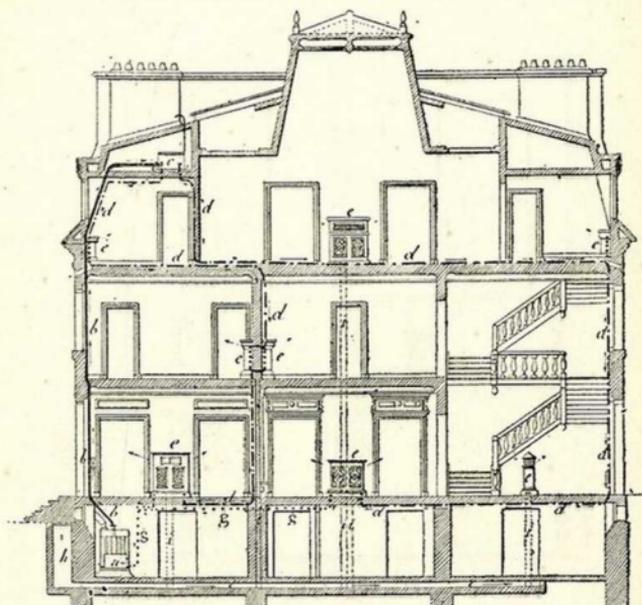


Fig. 134. — Habitation chauffée à l'eau chaude par rayonnement direct,

2° D'une colonne descendante, revenant à la partie basse de la chaudière, et répartissant la chaleur dans les divers locaux à chauffer. Cette répartition peut être faite de deux façons : ou bien la circulation a lieu dans les étages et les pièces mêmes à chauffer en y plaçant les surfaces de chauffe proprement dites (fig. 134) ; ou bien l'eau circule en sous-sol dans des calorifères et élève la température de l'air qui se rend ensuite dans les locaux à chauffer (fig. 133).

Les deux systèmes ont un avantage commun : ils n'exigent qu'un seul foyer pour tout le chauffage ; ils ont en outre chacun leurs avantages propres.

Avec le système des circulations placées directement dans les pièces à chauffer, on peut combattre effectivement et logiquement les pertes de chaleur nécessitant le chauffage. Seulement on a l'inconvénient d'avoir, passant dans les locaux, des tuyaux qui prennent de la place, nécessitent des enveloppes pour les dérober à la vue,

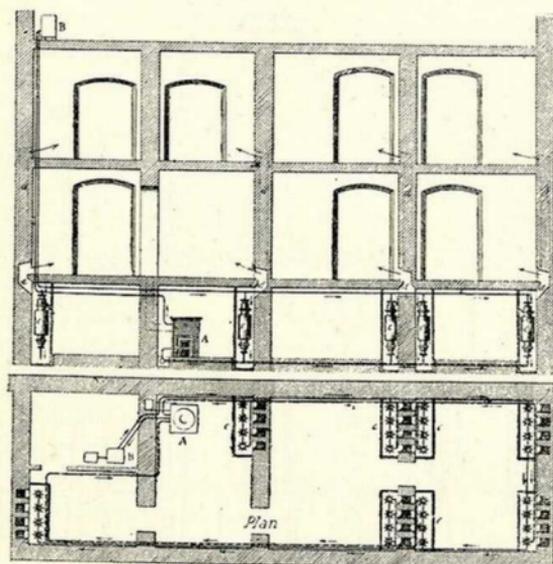


Fig. 135. — Chauffage indirect par l'eau chaude.

et qui ont des joints, pouvant, s'ils ne sont pas faits avec beaucoup de soin, donner lieu à des fuites ennuyeuses et détériorer l'ameublement. On jouit d'un chauffage par rayonnement et convection ; on peut même avoir une émission d'air qui est alors toujours salubre.

Avec le système des hydrocalorifères (fig. 135) (calorifères à eau) dans la cave, on n'a plus, dans les pièces chauffées, que des bouches d'émission d'air, mais la cave a son plafond encombré d'enveloppes, dans lesquelles sont placées les surfaces de chauffe, auxquelles aboutissent les conduits de prise d'air frais, et d'où partent les conduits de distribution d'air chaud.

Entre les diverses enveloppes, les tuyaux de circulation transmettent à l'air même des caves une chaleur inutile et perdue ; l'air ne se transportant qu'à une faible distance le nombre des calorifères est souvent considérable et nécessite un service spécial de surveillance et d'entretien.

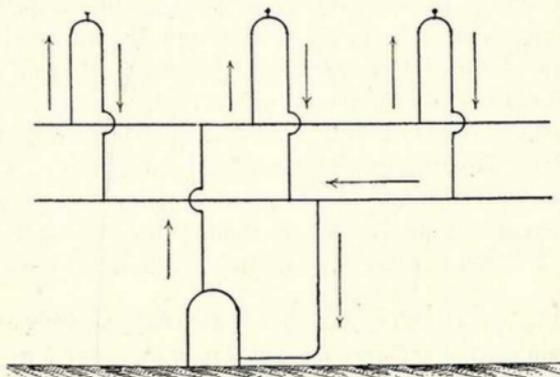


Fig. 156. — Schema du chauffage système Hamelin court.

Pour une habitation privée, ce système ne sera souvent pas pratique à cause de sa complication comme maçonnerie, de la dépense de combustible qu'il entraîne, et de l'inconvénient qu'il a de chauffer, par les déperditions, une grande partie des caves, leur enlevant ainsi les qualités nécessaires à la conservation des vins.

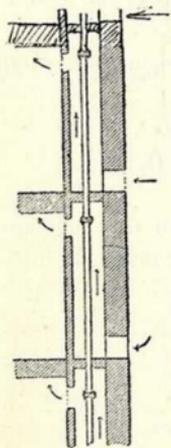


Fig. 156 bis. — Chauffage, système Hamelin court. Coupe sur un mur de refend.

M. Hamelin court a supprimé ces inconvénients dans son système de chauffage qui a les avantages de l'hydrocalorifère. Les tuyaux formant surface de chauffe sont logés dans l'épaisseur des murs ou dans des gaines en saillie sur les murs (fig. 156, 156 bis).

Sur la prise faite à la partie supérieure de la chaudière et allant au vase d'expansion, sont branchées des colonnes montant verticalement jusqu'au sommet du bâtiment et se recourbant sur elles-mêmes pour former retour et surface

de chauffe concurremment avec la colonne montante elle-même. Les colonnes de retour sont réunies à la partie inférieure, en sous-sol dans une conduite unique rentrant à la chaudière.

Chacun des tuyaux verticaux montants porte à sa partie supérieure un petit robinet de purge d'air qui permet le remplissage.

La surface des deux tuyaux d'une même gaine, comprise entre deux étages, constitue la surface de chauffe; l'air entre au niveau du plancher de l'étage inférieur à celui à chauffer, monte dans la gaine et ressort dans la pièce à chauffer près du sol.

Avec ce système, le rez-de-chaussée ne peut être chauffé qu'en employant des hydrocalorifères pour son service propre.

Quelque système qu'on emploie, la chaudière, le vase d'expansion et les surfaces de chauffe subsistent et doivent avoir les mêmes qualités, fonction de la pression du fluide utilisé.

Division des chauffages à eau. — On distingue trois sortes de chauffage à eau : chauffage à grand volume, chauffage à moyen volume, et chauffage à petit volume d'eau.

Les deux premiers sont des chauffages dits à basse pression parce que la température de l'eau dans la colonne de retour est toujours inférieure à 100°; le troisième est un chauffage à haute pression, la température de l'eau y variant de 200° à 600°, mais il est bon de ne pas dépasser 250°.

CALCUL D'UN CHAUFFAGE A EAU.

Le mouvement qui se produit dans la circulation du chauffage (fig. 157) est toujours le résultat de la charge provenant de la diffé-

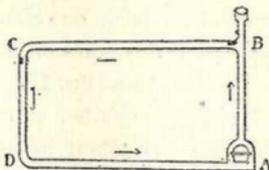


Fig. 157.

rence de poids des deux colonnes montante et descendante d'eau, ces deux colonnes étant à des températures différentes.

La charge est donc variable dans chaque installation, car elle est fonction de la hauteur, depuis le bas de la chaudière, des locaux à chauffer; il faut toujours utiliser la plus grande hauteur possible.

La charge se détermine facilement si l'on se donne la température à la sortie de la chaudière et la température à la rentrée dans celle-ci.

Dans le chauffage à basse pression ces températures varient à la sortie de la chaudière de 70 à 90°; à la rentrée de 60 à 70°; mais tandis que la température de la colonne montante est à peu près constante, celle de la colonne descendante est variable; aussi pour calculer la charge, doit-on considérer la température moyenne de cette colonne, température qui est égale à la demi-somme des températures de sortie et de rentrée à la chaudière.

Si T et t sont ces températures, $\theta = \frac{T+t}{2}$ la température moyenne de la colonne descendante, H en décimètres la hauteur de la colonne liquide depuis la tubulure de rentrée de l'eau à la chaudière jusqu'au point le plus élevé de la circulation considérée.

$$h = \frac{H}{1 + 0,000466 \theta} - \frac{H}{1 + 0,000466 T}$$

soit en mètres d'eau à θ°

$$E = 0,1 \times h(1 + 0,000466 \theta)$$

ou encore en fonction de H, T et t

$$E = \frac{0,000466 H (T - t)}{2 (1 + 0,000466 T)}$$

H est connu et fonction des étages;

pour le chauffage à basse pression T = 90°, t = 60°

pour le chauffage à moyenne pression T = 150°, t = 90°

pour le chauffage à haute pression T = 200°, t = 100°

sont les valeurs réalisées dans la pratique.

Avec cette charge E, on peut déterminer les circulations. On peut se donner la longueur, ainsi que le diamètre constant des conduites, c'est ainsi que l'on fait pour les chauffages à moyen et à petit volume, et d'après la quantité de chaleur à fournir on conclura

le nombre de circulations ; ou bien on peut arrêter le tracé complet du chauffage, c'est ainsi que l'on opère pour les chauffages à grand volume, et déterminer le diamètre des différentes conduites d'après le volume d'eau à faire écouler.

Dans le cas de chauffage à moyen et petit volume, on connaît la longueur de la conduite, la perte de charge que l'on peut avoir dans la circulation ; cette perte de charge qui est due en majeure partie aux frottements de l'eau contre les parois de la conduite et pour le reste aux changements de direction, etc., est évidemment égale à la charge par mètre de longueur, soit $J = \frac{E}{L}$; on connaît aussi le diamètre de la conduite D ; on en déduit la quantité d'eau que l'on peut faire circuler à la seconde et par conséquent le nombre de calories que l'on peut fournir par circulation. Q étant ce débit cherché, on a en effet la relation :

$$D = \frac{4}{3} \sqrt[5]{\frac{Q^2}{J}} \text{ où } Q = \beta \sqrt{J} \text{ (d'après M. Maurice Lévy)}$$

et la quantité de chaleur que l'on peut fournir à l'heure par la circulation considérée :

$$C = Q \times 3600 \times (T - t).$$

On trouvera, à la fin de l'ouvrage, une table qui donne la valeur de β et permet d'avoir facilement Q quand on connaît le diamètre de la conduite et la valeur de J .

Il y a un peu de tâtonnement, car, par suite de l'aménagement des locaux, il peut arriver que la longueur de circulation soit telle que la chaleur à fournir C_1 , dans son parcours, soit différente de C ; il y a alors lieu de modifier L dans le sens voulu, l'augmenter si $C > C_1$, le diminuer si $C < C_1$, et à déterminer à nouveau Q avec la nouvelle longueur, de façon que la quantité de chaleur à fournir par la circulation et celle possible à fournir par le débit obtenu soient égales.

Dans le cas du chauffage à grand volume, le calcul est très compliqué, car les sections des tuyaux sont nombreuses et ne peuvent être déterminées qu'avec beaucoup de tâtonnements.

Il est utile de remarquer toutefois que, bien que les diamètres



des conduites soient très différents, ils restent toujours liés par une relation telle que la vitesse par exemple reste uniforme dans toutes les circulations. Le calcul peut être conduit comme suit :

Pour chaque circulation on connaît la charge E par la relation déjà donnée ; en partant du poêle le plus défavorablement placé, on peut, d'après les quantités de chaleur à fournir, déterminer la quantité d'eau Q , à faire circuler par seconde, et l'on a :

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} v.$$

D étant le diamètre de la conduite et v la vitesse dans cette conduite dont on connaît du reste la longueur L ; la perte de charge par mètre est $\frac{E}{L}$, en supposant la perte due au frottement seulement. On aura le diamètre D par la relation :

$$D = \frac{1}{3} \sqrt[5]{\frac{Q^2}{J}}$$

ce diamètre étant ainsi déterminé, on pourra calculer les pertes vraies dues au frottement, élargissements brusques, changements de direction, etc., puis déterminer la vitesse vraie dans la conduite ou mieux vérifier si l'on a l'égalité :

$$E = \frac{v^2}{2g} (LJ_1 + \Sigma r)$$

soit avec :

$$LJ_1 = \frac{4KL}{D}; K = 0,006$$

soit en prenant J_1 par mètre dans une table en fonction de D , et en remarquant que le diamètre de la conduite devenant 10 fois plus grand, la charge 10 fois plus petite, le débit devient 100 fois plus grand.

Quand, par tâtonnements, on aura satisfait à cette équation, on se rapprochera de la chaudière, en suivant la conduite, et on déterminera les divers diamètres en s'imposant la condition d'avoir une même vitesse v dans tous les tronçons de la conduite quelles que soient les pertes de charge dans chacun des tronçons.

Méthode de M. Rietschel. — Cette façon de procéder étant très longue, il est généralement plus rapide d'employer la marche suivante due à M. Rietschel (fig. 158).

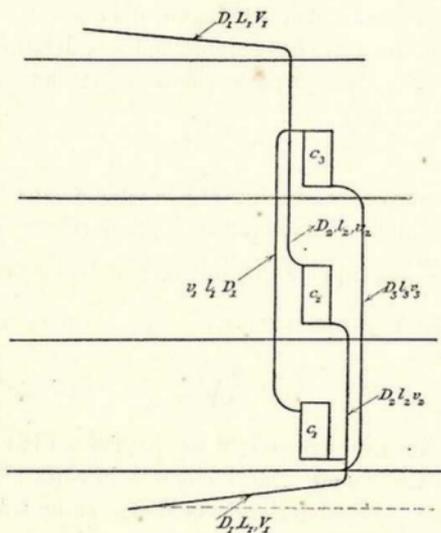


Fig. 158.

On choisit le diamètre du tuyau pour la surface de chauffe ou poêle d'eau qui est le plus proche de la chaudière dans la direction verticale et le plus éloigné dans la direction horizontale, c'est ce poêle qui est dans les conditions les plus défavorables ; on détermine ensuite la charge effective pour le tuyau principal, distributeur, collecteur et ascendant et on en conclut les diamètres des conduites principales, puis ceux des divers branchements.

On connaît la quantité de chaleur c_1 que doit fournir le poêle qui est dans la situation la plus désavantageuse, on prend le diamètre D_1 , de la conduite alimentant ce poêle d'après la relation empirique :

$$D_1 = 0,00052 \sqrt{c_1}$$



La vitesse dans la conduite est fournie par la relation :

$$v_1 = \frac{c_1}{1000(t - t_0)3600 \frac{\pi D_1^2}{4} \left(\frac{d_0 + d}{2} \right)}$$

dans laquelle t et t_0 , d et d_0 sont les températures et les densités respectives de la colonne ascendante et de la colonne descendante.

Comme on connaît les sinuosités, le coefficient de frottement et la longueur l_1 de la conduite considérée, on peut déterminer la charge effective E_1 par la relation :

$$E_1 = ah = \frac{v_1^2}{2g} (l_1 J + \Sigma r_1)$$

avec

$$a = \frac{d - d_0}{\left(\frac{d + d_0}{2} \right)}$$

Σr_1 étant les résistances des sinuosités que l'on peut prendre égales à :

- 1 pour un coude rectangulaire ;
 - 0,3 à 0,5 — circulaire ;
 - 0,5 à 0,8 — un arc de retour ;
 - 0,5 à 1 — soupape ouverte ;
 - 0,1 à 0,3 — robinet ou tiroir ;
 - 1 pour un élargissement brusque.
- J la valeur du frottement par mètre de conduite.

La vitesse de l'eau pouvant être supposée la même dans toutes les parties de la conduite, tuyau ascendant, distributeur et collecteur, on peut déterminer le diamètre de ces diverses parties, car on connaît toujours la quantité de chaleur à fournir par chacune d'elles, leur longueur respective et la charge ou la perte de charge correspondante ; la relation générale

$$ah = E \frac{v^2}{2g} \left[(Jl_1 + Jl_2 + \dots Jl_n) + \Sigma r_1 + \Sigma r_2 + \dots \Sigma r_n \right]$$

permettra de déterminer successivement les diamètres de tous les conduits de distribution, en remarquant que :

1° J est toujours fonction du diamètre de la conduite ;

2° Pour une même vitesse de l'eau, les diamètres des conduites sont entre eux comme les racines carrées des quantités de chaleur fournie.

Aux points où se produit la rencontre de deux courants, il y a à exprimer l'égalité de charges en ces points pour pouvoir calculer le diamètre d'un des tronçons courants, l'autre diamètre étant connu, en se donnant comme condition que les diamètres ou que les charges effectives pour ces branchements sont égaux.

Valeurs du coefficient de frottement. — J est toujours fonction du diamètre ou du rayon de la conduite, mais il a des valeurs données par des expressions variables suivant les mathématiciens qui ont étudié le mouvement de l'eau dans les conduites :

D'après Weissbach

$$J = \lambda \frac{v^2}{2g} \times \frac{1}{D}$$

avec

$$\lambda = 0,01439 + \frac{0,0094711}{\sqrt{v}}$$

Zeuner modifie le coefficient λ de Weissbach et donne :

$$\lambda = 0,01431 + \frac{0,010327}{\sqrt{v}}$$

Prony indique pour J les valeurs suivantes :

$$J = \frac{L}{D} (av + bv^2)$$

avec

$$a = 0,0000173 \text{ et } b = 0,000348.$$

Darcy calcule les coefficients a et b de Prony par les relations, pour les conduites de

$$D > 0,10$$

$$a = 0,000032 + \frac{0,00000000376}{R^2}$$

$$b = 0,000443 + \frac{0,0000062}{R^2}$$

pour celles de

$$D \leq 0,10$$

$$J = \frac{4}{D} b_1 v^2, \text{ avec } b_1 = 0,000507 + \frac{0,00000647}{R}$$



M. Maurice Lévy calcule J par les équations :

$$J = \frac{v^2}{\mu^2}$$

$$\mu = 20,5 \sqrt{R(1 + 3\sqrt{R})}$$

Les valeurs de Weissbach, Darcy et Maurice Lévy sont les plus employées ; celles de M. Maurice Lévy sont les plus exactes.

La figure 158 indique comment on peut décomposer les circulations pour simplifier les calculs précédents.

Dans l'indication qui suit de la manière de procéder, les formules applicables aux différents points sont exprimées en employant pour J les valeurs de Weissbach. On trouvera à la fin de l'ouvrage des tableaux facilitant les calculs.

On a supposé un chauffage comprenant trois branchements alimentant chacun trois poêles ; la décomposition s'applique en l'étendant à un nombre quelconque de branchements.

On a les deux formules générales en se servant des valeurs de J données par Weissbach :

$$v = \frac{C}{1000(t-t_0)3600 \frac{\pi D^2}{4} \frac{d_0+d}{2}}$$

$$ah = E = \frac{v^2}{2g} \left(\frac{l}{D} l + \Sigma r \right)$$

dans lesquelles, pour chaque partie, on remplacera C , E , l et Σr par leurs valeurs correspondantes en remarquant :

1° Que pour chaque poêle C n'est pas seulement le nombre de calories utilisées par ce poêle, mais encore les pertes en route qu'il est bon de prévoir égales à 10 0/0.

2° Que les lettres de même nature, affectées du même indice, se correspondent.

Opérant d'après la marche générale indiquée (fig. 158), le diamètre D_1 de la conduite alimentant le poêle 1 qui est le plus défavorablement placé est pris empiriquement :

$$(1) \quad D_1 = 0,00052 \sqrt{c_1}$$

d'autre part :

$$(2) \quad v_1 = \frac{c_1}{100(t-t_0)3600 \frac{\pi D_1^2}{4} \frac{d_0+d}{2}}$$

et

$$(3) \quad a(h_1 - h) = \frac{v_1^2}{2g} \left(\gamma \frac{l_1}{D_1} + \Sigma r_1 \right)$$

permettent de déterminer h et la pression effective $ah = E$, nécessaire pour que l'écoulement de l'eau chaude se produise dans le cas le plus défavorable.

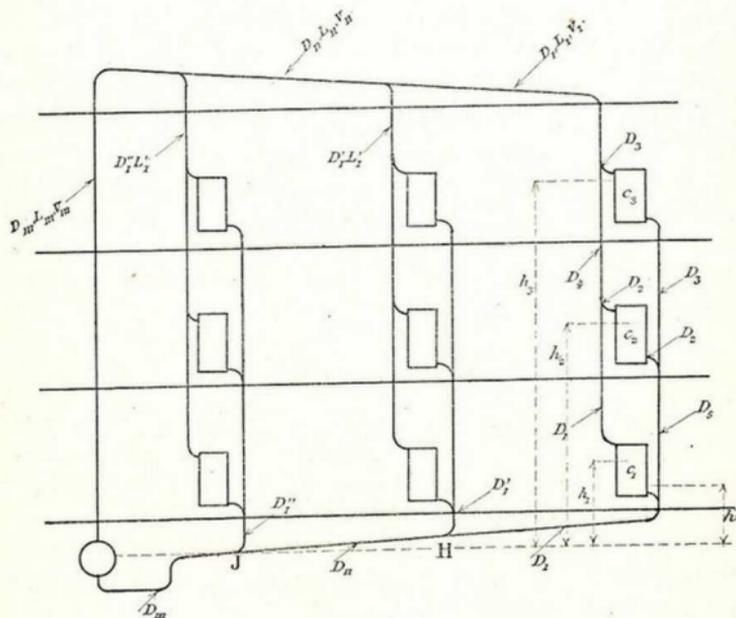


Fig. 158.

Si l'on suppose cette même charge dans la conduite principale, sauf à vérifier la vitesse correspondante par la formule (2) et à modifier le diamètre pour obtenir la vitesse v_1 dans cette conduite, la relation

$$(4) \quad ah = \frac{v_1^2}{2g} \left[\frac{\lambda}{D_1} \left(L_1 + \frac{L_{M1}\sqrt{C_1}}{\sqrt{C_1+C_{M1}}} + \frac{L_{M2}\sqrt{C_2}}{\sqrt{C_1+C_{M1}+C_{M2}}} \right) + \Sigma R_1 + \Sigma R_{M1} + \Sigma R_{M2} \right]$$

permet de déterminer D_1 .

Les valeurs D_{II} et D_{III} sont déterminées par la relation générale (2) qui devient :

$$v_1 = \frac{C_1 + C_{II}}{1000(t-t_0)3600 \frac{\pi D_{II}^2 d_0 + d}{4 \cdot 2}}$$

$$v_1 = \frac{C_1 + C_{II} + C_{III}}{1000(t-t_0)3600 \frac{\pi D_{III}^2 d_0 + d}{4 \cdot 2}}$$

Les diamètres des branchements secondaires D_2 et D_3 seront déterminés par la relation (4) qui devient :

$$ah = \frac{v_2^2}{2g} \left[\lambda \left(\frac{l_2}{D_2} + \frac{L_1}{D_1} + \frac{L_{II}}{D_{II}} + \frac{L_{III}}{D_{III}} \right) + \Sigma r_2 + \Sigma R_1 + \Sigma R_{II} + \Sigma R_{III} \right]$$

donnant D_2 , car $v_2 = v_1$ et

$$ah = \frac{v_3^2}{2g} \left[\lambda \left(\frac{l_3}{D_3} + \frac{L_1}{D_1} + \frac{L_{II}}{D_{II}} + \frac{L_{III}}{D_{III}} \right) + \Sigma r_3 + \Sigma R_1 + \Sigma R_{II} + \Sigma R_{III} \right]$$

fournissant D_3 , car $v_3 = v_1$.

Les diamètres restant à déterminer sont :

$$(5) \quad D_4 = \sqrt{D_1^2 + D_2^2}$$

$$(6) \quad D_5 = \sqrt{D_2^2 + D_3^2}$$

Pour les autres branchements principaux les calculs seront les mêmes, sauf pour les diamètres D'_1 et D''_n des conduites aboutissant aux points H et J.

Au point H, on a :

$$(7) \quad ah - \frac{v_1^2}{2g} \left(L_1 \frac{\lambda}{D_1} + \Sigma R_1 \right) = ah' - \frac{v'^2}{2g} \left(L'_1 \frac{\lambda'}{D'_1} + \Sigma R'_1 \right)$$

si on fait $h' = h$ on détermine D'_1 , en faisant $v' = v_1$, sauf à vérifier cette dernière hypothèse par la formule (2);

si on fait $D'_1 = D_1$ on a v par la relation (2) en fonction de la chaleur à fournir, et on détermine h' .

Au point J, on a, à cause de l'hypothèse des vitesses égales $V_I = V_n = v_1$:

$$(8) \quad ah - \frac{v_1^2}{2g} \left(L_1 \frac{\lambda}{D_1} + \Sigma R_1 \right) - \frac{v_1^2}{2g} \left(L_{II} \frac{\lambda}{D_{II}} + \Sigma R_{II} \right) = ah'' - \frac{v''^2}{2g} \left(L''_I \frac{\lambda}{D''_I} + \Sigma R''_I \right)$$

équation qui fournira D''_I en y faisant $h'' = h$ et $v'' = v_1$ (sauf à vé-

rifier cette hypothèse), ou qui fournira h'' en y faisant $D'_1 = D'_2 = D_1$ car alors on a v'' en fonction de la chaleur à fournir.

Comme on le voit, le calcul des conduites de chauffage à eau est simple, mais tout de tâtonnements; aussi, pratiquement, pour les chauffages à eau à haute pression, emploie-t-on des chiffres approximatifs ayant donné de bons résultats; pour les autres chauffages, tant au point de vue de l'économie que du bon fonctionnement, il y a intérêt à calculer les sections des conduites.

Aperçu historique du chauffage à eau. — Le premier chauffage par l'eau semble avoir été fait en Angleterre par Evelyn, qui aurait, en 1675, chauffé une serre par ce procédé.

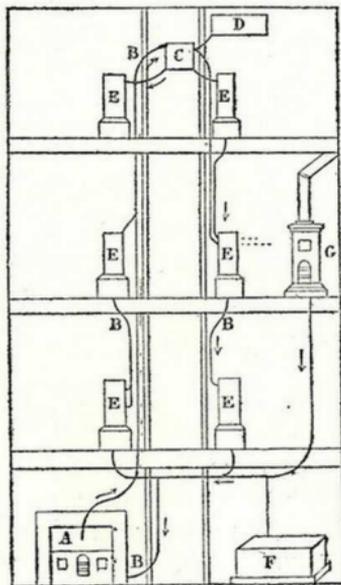


Fig. 159. — Chauffage à eau du marquis de Chabannes.

En 1716, Martin Truwald fit à Newcastle un chauffage de serre avec chaudière à l'extérieur et circulation d'eau sous le sol.

En France, Bonnemain fut le premier qui, en 1777, appliqua le

principe de la circulation d'eau chaude à un appareil qu'il n'employa d'abord que pour faire des incubations artificielles.

Plus tard il l'appliqua au chauffage des bains et des serres ; son appareil comprenait déjà le bouilleur extérieur, le tuyau vertical et le réservoir d'alimentation, le tuyau de circulation à la partie supérieure avec pente et retour au foyer. La chaudière portait en outre une circulation de fumée intérieure et un régulateur de température de l'eau, fondé sur la dilatation des métaux par la chaleur.

En 1816, le marquis de Chabannes (fig. 159) applique en Angleterre son système de chauffage à eau pour chauffer les bains et les appartements par le foyer du fourneau de cuisine.

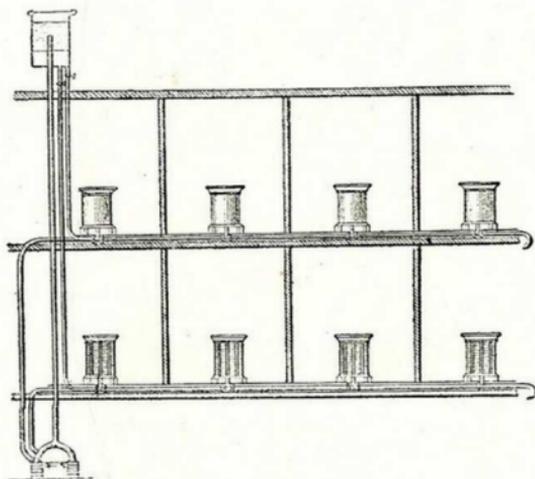


Fig. 160. — Chauffage à eau à basse pression.

Les progrès réalisés depuis consistent seulement dans la perfection des appareils et dans la disposition particulière des circulations (fig. 160-161).

La chaudière, le vase d'expansion et la surface de chauffe varient comme construction avec les divers chauffages ; toutefois dans les systèmes à grand et à moyen volume, ces appareils sont identiques.

rifier cette hypothèse), ou qui fournira h'' en y faisant $D''_1 = D'_1 = D_i$ car alors on a v'' en fonction de la chaleur à fournir.

Comme on le voit, le calcul des conduites de chauffage à eau est simple, mais tout de tâtonnements; aussi, pratiquement, pour les chauffages à eau à haute pression, emploie-t-on des chiffres approximatifs ayant donné de bons résultats; pour les autres chauffages, tant au point de vue de l'économie que du bon fonctionnement, il y a intérêt à calculer les sections des conduites.

Aperçu historique du chauffage à eau. — Le premier chauffage par l'eau semble avoir été fait en Angleterre par Evelyn, qui aurait, en 1675, chauffé une serre par ce procédé.

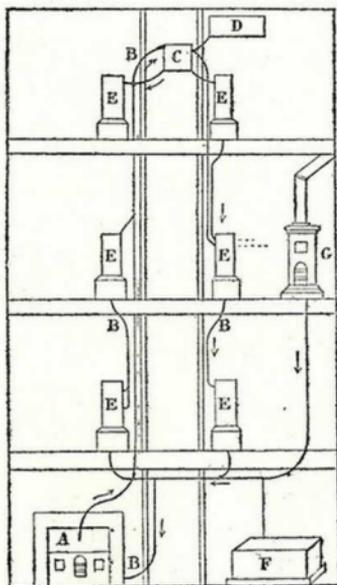


Fig. 139. — Chauffage à eau du marquis de Chabannes.

En 1716, Martin Truwald fit à Newcastle un chauffage de serre avec chaudière à l'extérieur et circulation d'eau sous le sol.

En France, Bonnemain fut le premier qui, en 1777, appliqua le

principe de la circulation d'eau chaude à un appareil qu'il n'employa d'abord que pour faire des incubations artificielles.

Plus tard il l'appliqua au chauffage des bains et des serres; son appareil comprenait déjà le bouilleur extérieur, le tuyau vertical et le réservoir d'alimentation, le tuyau de circulation à la partie supérieure avec pente et retour au foyer. La chaudière portait en outre une circulation de fumée intérieure et un régulateur de température de l'eau, fondé sur la dilatation des métaux par la chaleur.

En 1816, le marquis de Chabannes (fig. 159) applique en Angleterre son système de chauffage à eau pour chauffer les bains et les appartements par le foyer du fourneau de cuisine.

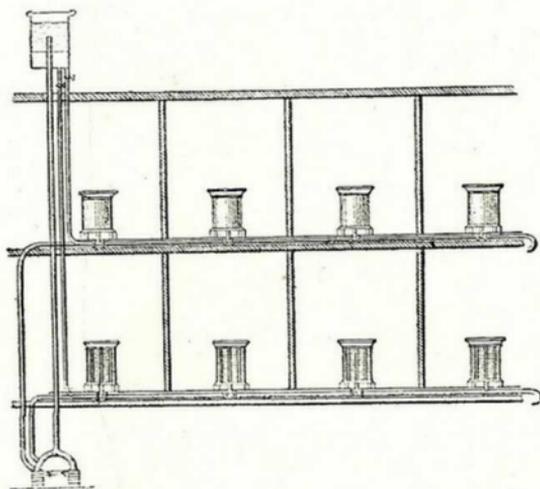


Fig. 160. — Chauffage à eau à basse pression.

Les progrès réalisés depuis consistent seulement dans la perfection des appareils et dans la disposition particulière des circulations (fig. 160-161).

La chaudière, le vase d'expansion et la surface de chauffe varient comme construction avec les divers chauffages; toutefois dans les systèmes à grand et à moyen volume, ces appareils sont identiques.

CHAUDIÈRES A EAU POUR CHAUFFAGE A BASSE PRESSION

Les types de chaudières à eau sont nombreux, les uns sont à bouilleurs, les autres à tubes, les formes en sont diverses.

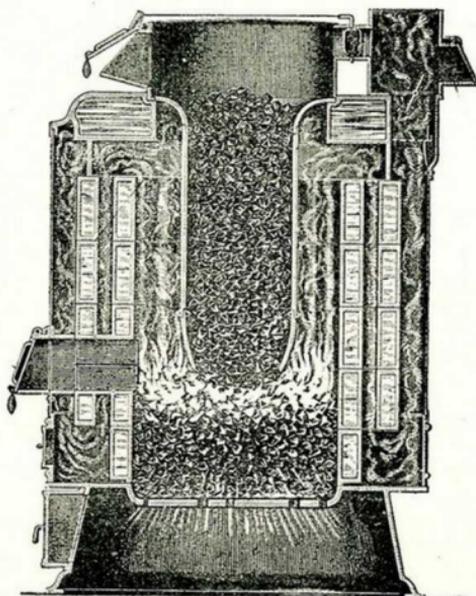


Fig. 161. — Chaudière, à combustion continue, à régulateur automatique de combustion (système Hamelle).

Chaudière à combustion continue. — La chaudière à combustion continue se compose d'un récipient cylindrique au-dessous duquel est le foyer qui porte, à son centre, une trémie de chargement traversant toute la chaudière et telle qu'on peut avoir une faible épaisseur de charbon sur la grille.

Les gaz de la combustion montent par une série de tubes concentriques à la trémie de chargement et se réunissent latéralement pour se rendre à la cheminée.

Chaudière Bouillon et Muller (fig. 162). — La chaudière Bouillon et Muller est formée d'un double cylindre en fonte d'une seule pièce afin d'éviter les joints.

Ce double cylindre est traversé à la partie supérieure par un tuyau pour l'échappement des gaz de la combustion ; la grille du foyer est placée à la partie basse du cylindre intérieur et les gaz s'échappent en léchant la paroi intérieure du cylindre, en même temps que, par des ouvertures appropriées, ils passent autour de la paroi extérieure.

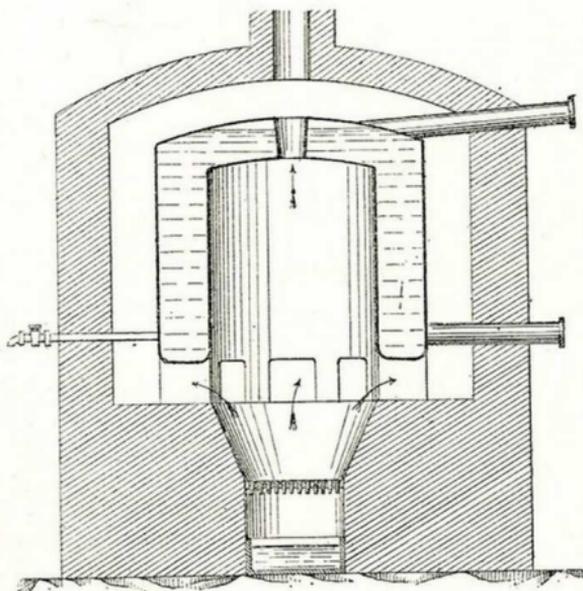


Fig. 162. — Chaudière Bouillon et Muller.

Deux tubulures, l'une à la partie supérieure pour le départ de l'eau, l'autre à la partie inférieure pour sa rentrée à la chaudière sont venues de fonte. Il y a en outre un tube avec robinet pour la vidange.

La chaudière est entourée d'une enveloppe en maçonnerie laissant entre elle et la chaudière un espace vide qui sert de carneau de fumée.

Cette enveloppe porte une façade comprenant les portes de chargement de la grille et de nettoyage du cendrier, ainsi que des tampons spécialement aménagés pour permettre le nettoyage du carneau.

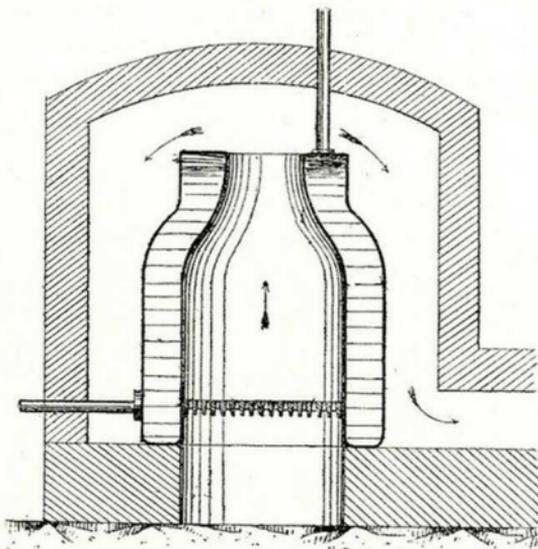
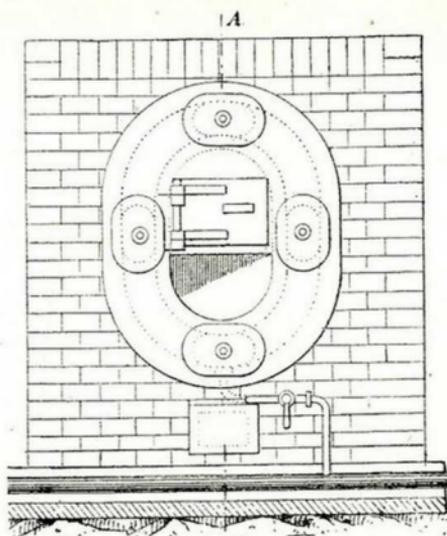


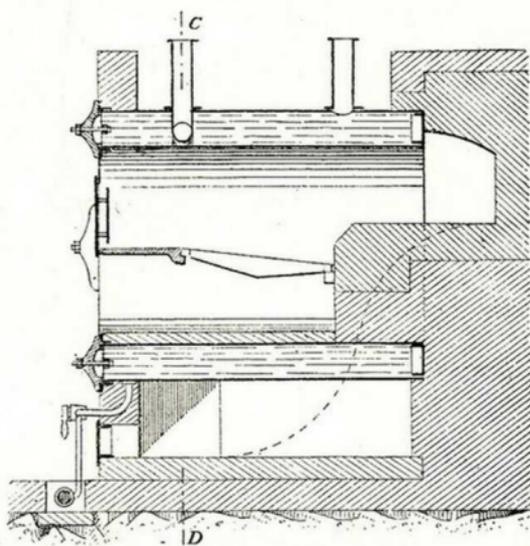
Fig. 163. — Chaudière Duvoir.

Chaudière Duvoir (fig. 163). — La chaudière Duvoir est analogue à la précédente, mais elle est faite en tôle emboutie et a une forme de bouteille ; la grille est placée à la partie inférieure, là où il y a le plus de section ; les gaz de la combustion s'élèvent d'abord jusqu'au haut de la chaudière proprement dite, pour redescendre ensuite autour de la paroi extérieure de la tôle et se rendre à la cheminée par un carneau situé à la partie basse. L'enveloppe en maçonnerie est analogue à celle de la chaudière précédente et laisse entre la tôle emboutie et elle-même un espace formant canal de circulation des fumées.

Le départ de l'eau se fait au sommet de la chaudière, la rentrée à la partie basse.



B
Vue de face



Goupe suivant AB

Fig. 161. — Chaudière elliptique.

Chaudière elliptique (fig. 164-165). — La chaudière elliptique est analogue à la chaudière à vapeur dite de Cornwall ; sa forme a

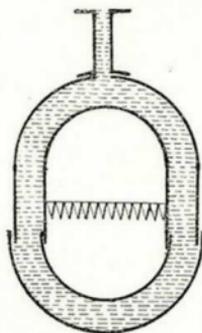


Fig. 165. — Chaudière elliptique, coupe suivant CD.

pour avantage de diminuer la surface occupée sur le sol et de donner plus de développement aux flammes du foyer ; cette forme peut

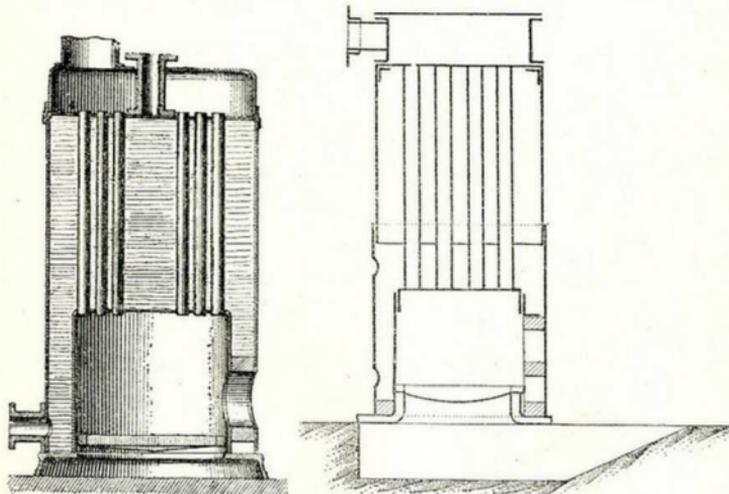
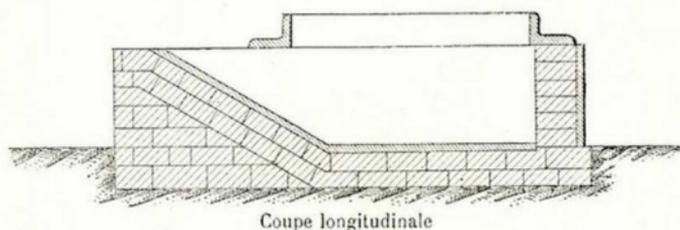


Fig. 166 et 167. — Chaudière verticale.

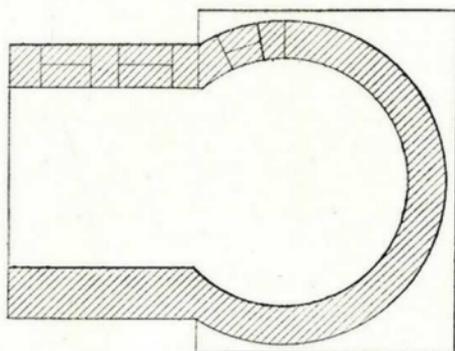
du reste être employée à cause du peu de pression qu'il y a dans la chaudière.

Elle a, comme les précédentes, le départ d'eau à la partie supérieure, la rentrée à la partie inférieure. Elle est munie d'une enveloppe en maçonnerie portant la façade avec les portes de chargement du foyer et de nettoyage du cendrier, ainsi que les divers tampons nécessaires pour le nettoyage des carnaux de fumée et pour l'ouverture des trous à main permettant la visite de l'intérieur de la chaudière.

Chaudière verticale (fig. 166-167). — La chaudière verticale multitubulaire est constituée par un cylindre en tôle, portant sur une partie de sa hauteur, vers le bas, un deuxième cylindre concentrique formant le foyer.



Coupe longitudinale



Coupe horizontale

Fig. 168. — Cendrier en maçonnerie.

Ces deux cylindres sont fermés à la partie supérieure par des plaques reliées entre elles au moyen de tubes verticaux qui sont

traversés par les gaz de la combustion. Ces tubes sont mandrinés dans les plaques tubulaires.

L'espace compris entre les deux cylindres reliés ensemble à la partie inférieure par un cercle en fer rivé avec eux, est rempli d'eau ; il en est de même des espaces compris entre les tubes. Le cylindre extérieur porte une série de trous à main fermés par des tampons et permettant la visite de l'intérieur de la chaudière et l'enlèvement des boues et incrustations qui peuvent se déposer.

La chaudière s'appuie sur un massif en maçonnerie formant cendrier (fig. 168). Entre la chaudière et la maçonnerie est placé un cercle en forme de cornière sur l'extrémité de la branche verticale duquel viennent se poser les barreaux de la grille circulaire.

Cette chaudière peut être entourée ou non d'une enveloppe en maçonnerie.

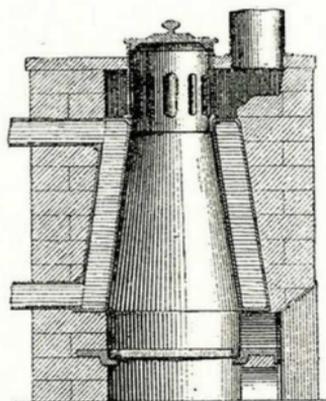


Fig. 169. — Thermosiphon.

Quand on supprime l'enveloppe il faut ajouter à la partie supérieure une boîte à fumée d'où part le carneau allant à la cheminée. Cette boîte est fixée sur la plaque tubulaire supérieure au moyen de goujons.

Les tubulures de départ et de rentrée de l'eau sont, l'une à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure de la chaudière.

Thermosiphon (fig. 169). — Le thermosiphon proprement dit



est formé d'une trémie centrale ouverte à la partie supérieure, afin de pouvoir introduire le combustible sur la grille qui est placée à la partie inférieure.

L'ouverture est fermée par un couvercle étanche au-dessus duquel est placé un tuyau vertical portant sur sa paroi des ouvertures par lesquelles passent les gaz de la combustion se rendant à la cheminée.

Autour de la trémie est une capacité composée d'un double tronc de cône, qui forme le réservoir d'eau ; de sa partie supérieure part le tuyau de l'eau chaude qui rentre refroidie à la partie inférieure.

Une enveloppe en maçonnerie entoure le tout sans laisser d'intervalle ; sur l'une de ses faces, se trouvent une petite porte et une tubulure de raccordement avec la grille, ainsi que l'ouverture pour le passage de l'air nécessaire à la combustion.

La petite porte permet de faire l'allumage au moment de la mise en marche.

Il existe encore un grand nombre de chaudières et poêles à eau (fig. 170-171) ; du reste, en principe, toutes les chaudières à vapeur, et elles sont nombreuses, peuvent être employées comme chaudières à eau ; celles qui viennent d'être décrites sont les plus simples et les plus répandues.

CONSTRUCTION DES CHAUDIÈRES A EAU

Une chaudière doit être construite en bonne tôle, n° 3 ou 4 du Creuzot.

Les feuilles de tôle, cintrées, après qu'on y a fait seulement les trous qui, autrement, exigeraient un outillage spécial, doivent être réunies par des rivets posés à chaud, les rivures étant faites pour assurer une étanchéité parfaite. Les fonds doivent être emboutis à chaud ; il ne faut pas qu'il y ait de rivure au coup de feu, et la rivure doit être telle que la flamme ne tende pas à rentrer dedans.

Autant que possible les corps cylindriques ne porteront qu'une rivure longitudinale.

Les tubes, qui sont en fer, ont généralement de 0,05 à 0,07 m.

de diamètre ; il faut employer des tubes soudés à recouvrement, des plaques tubulaires d'au moins 0,012 à 0,016 m. d'épaisseur percées à la lame à crochets avec au moins une distance de 0,016 à 0,025 m. entre les trous les plus voisins.

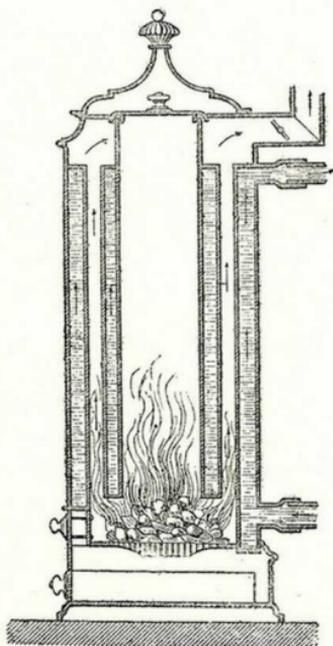


Fig. 170. — Poêle à eau chaude.

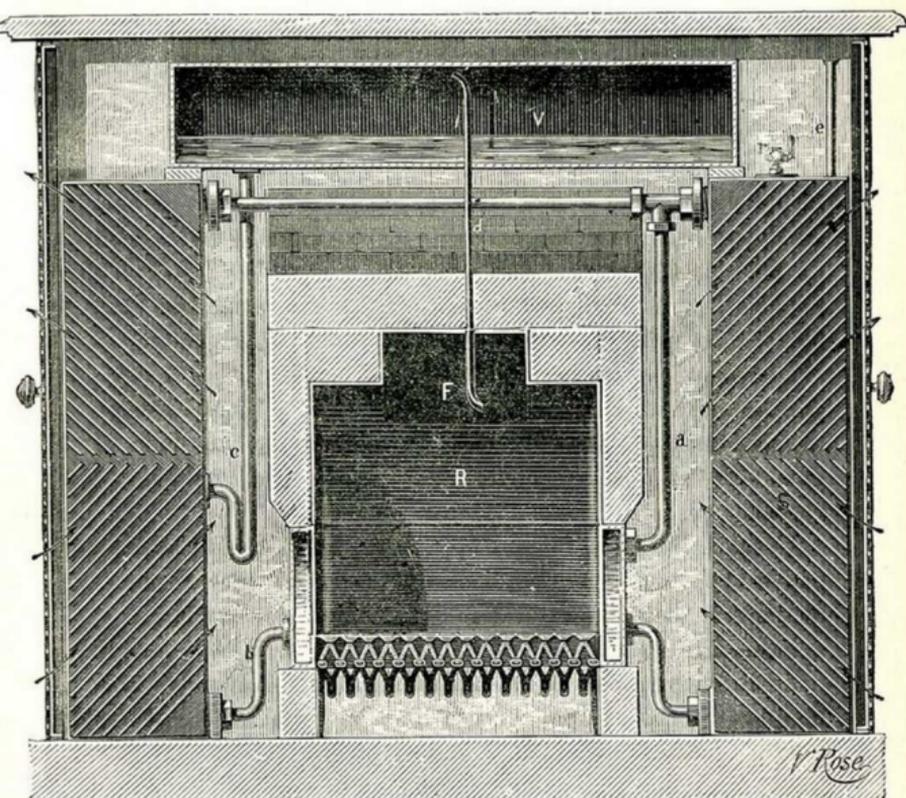
L'épaisseur des tubes doit être au moins de 0,003 m. On les mandrine au dudgeon sur la plaque tubulaire, ou on les assemble à viroles coniques.

Les tubes sont plus difficiles à détartre extérieurement qu'intérieurement. En tous cas, quand les gaz de la combustion passent dans leur intérieur, la section libre doit être au moins de 1/10 à 1/7 de la grille.

La surface de celle-ci est déterminée en comptant sur une com-

bustion horaire de 60 à 75 kilogrammes de houille et un rendement de 60 à 65 0/0 du calorique contenu dans le combustible.

Quand on établit une chaudière à eau, il faut toujours rechercher un type ramassé, prenant peu de place, ayant la meilleure disposition de surface de chauffe et contenant un faible volume d'eau.



R, bouillote à eau. — S, surface de chauffe. — a, tuyau de départ de l'eau. — c, tuyau allant au vase d'expansion. — V, vase d'expansion. — d, tube d'échappement. — e, tube de remplissage.

Fig. 171. — Cheminée à eau chaude Korting.

Pour déterminer la surface de chauffe on compte sur une transmission de 8000 à 10000 calories par mètre carré.

Pour un service domestique, comme les chaudières à eau peu-

vent être munies de foyer à chargement continu ou de foyers Michel Perret pour combustibles pauvres, il est bon d'utiliser ces foyers afin de simplifier le service.

La chaudière doit être munie du nombre utile, mais strictement nécessaire, d'ouvertures ou tubulures.

Il faut, indépendamment des ouvertures de foyer et de cendrier, les tubulures de départ et de rentrée d'eau, de vidange et de remplissage, enfin des trous à main de 0,12 à 0,15 m. de longueur et 0,07 à 0,08 m. de hauteur en nombre suffisant pour pouvoir enlever les boues et les dépôts partout où il peut s'en trouver.

La porte du foyer, si elle est à un battant, agénéralement une largeur de 0,300 à 0,370 m. et une hauteur de 0,200 à 0,340 m.; quand elle est à deux battants sa largeur est de 0,450 à 0,600 m. et sa hauteur de 0,300 à 0,370 m. Elle doit être inclinée afin de se fermer d'elle-même et munie d'une contre-porte intérieure en tôle de 0,010 à 0,014 m. d'épaisseur avec un intervalle de 0,050 à 0,080 m.

L'enveloppe en maçonnerie se fait en briques et est maintenue par des armatures extérieures en fer, composées de montants et de tirants; elle porte des ouvertures en face des trous à main de la chaudière et d'autres ouvertures destinées au nettoyage des carneaux.

L'espace libre entre l'enveloppe et la chaudière doit laisser aux gaz de la combustion une section suffisante; il doit être chicané, afin d'assurer la meilleure utilisation de la chaleur de ceux-ci.

La section des carneaux est de 1/2 à 1/4 de la surface de la grille.

La distance de la grille à la chaudière est de 0,45 à 0,60 m. pour la houille et le coke. La longueur maxima de cette grille doit être de 2,00 m., sa largeur de 1,50 m. sa hauteur au-dessus du sol de 0,40 à 0,80 m.; la profondeur du cendrier au-dessous de la surface supérieure de la grille de 0,70 à 1 m.; le cendrier doit toujours contenir une certaine quantité d'eau.

La section de la cheminée peut être déterminée par la relation :

$$S = \frac{P}{100 \sqrt{H}} = \frac{ps}{400 \sqrt{H}} \text{ ou } S = \frac{ps}{400}$$

s étant la section de la grille, $p = 60$ à 75 kilogrammes de houille.

Foyer Hermann et Cohen (fig. 172). — Parmi les foyers à alimentation continue applicables aux chaudières, il faut citer celui de Hermann et Cohen se chargeant par une trémie et reposant sur les principes suivants :

1° Distillation préalable du charbon et mélange de l'air et des produits de la distillation ;

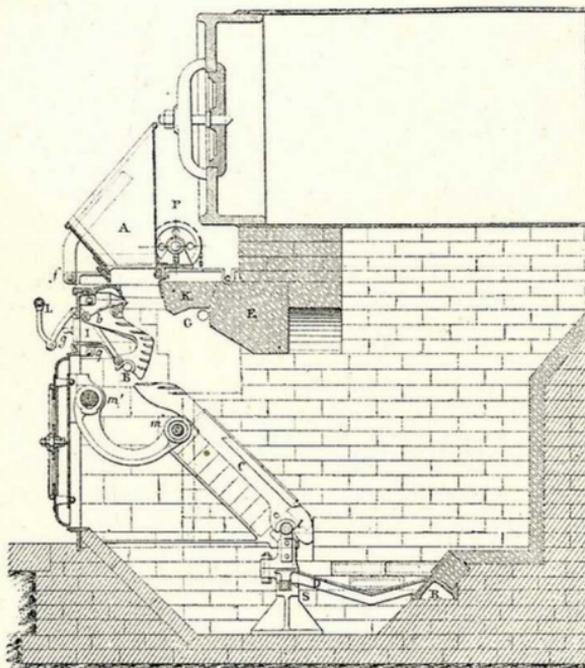


Fig. 172. — Foyer Hermann et Cohen.

2° Combustion immédiate des éléments gazeux au fur et à mesure de leur production ;

3° Combustion du coke, résidu de la distillation du combustible.

Le foyer comprend deux grilles inclinées distinctes se faisant suite et une petite grille de pied servant au décrassage pendant la

marche, lorsque les foyers fonctionnent nuit et jour en permanence.

Sur la grille supérieure du foyer à barreaux coudés s'opère la distillation.

Les gaz arrivent dans une chambre comprise entre la couche de combustible et une voûte réfractaire protégeant le métal de la chaudière et se mélangent avec une quantité d'air déterminée appelée par l'effet du tirage. Les gaz ainsi préparés s'enflamment au contact des charbons incandescents, sur lesquels ils passent, et brûlent dans le foyer.

Le coke provenant de la distillation du combustible descend sur la grille inférieure, soit par son propre poids, soit sous l'action du mouvement d'oscillation que le chauffeur imprime de temps en temps à la grille, à l'aide d'un levier à main.

Une cloison spéciale disposée entre les deux grilles inclinées permet de régler différemment et suivant les besoins le volume d'air qui passe à travers chacune des grilles.

VASE D'EXPANSION

Le vase d'expansion a pour but de contenir l'excès du volume de l'eau, provenant de la dilatation de celle-ci par suite de l'élévation de température.

Entre 4° et 90°, le coefficient de dilatation de l'eau est 0,045, soit approximativement $\frac{1}{20}$; aussi donne-t-on au vase d'expansion une contenance d'au moins $\frac{1}{20}$ du volume de l'eau contenue dans toute l'installation de chauffage.

Le vase d'expansion a ordinairement une forme cylindrique allongée, afin de rendre sensible, en hauteur dans le vase, l'augmentation du liquide aux diverses températures.

Dans le chauffage à basse pression, ce vase (fig. 173) est en tôle; il se compose d'un corps cylindrique portant une seule rivure longitudinale; il est fermé à sa partie inférieure par un fond embouti relié au corps par une rivure étanche.

A la partie supérieure le vase est clos par un deuxième fond embouti rivé sur une cornière, fixée elle-même sur le corps cylindrique.

Sur le fond supérieur se trouve le tuyau d'échappement, le vase d'expansion devant toujours rester en communication avec l'air extérieur.

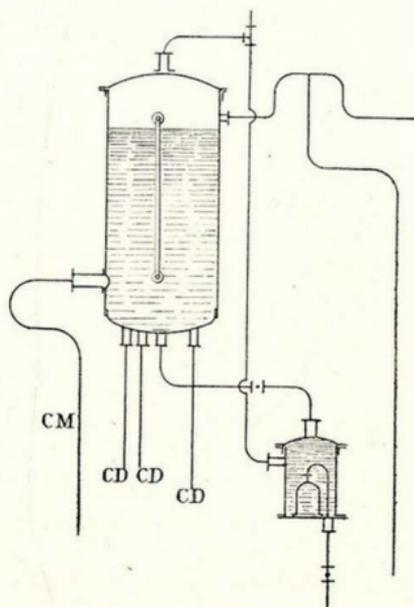


Fig. 173. — Vase d'expansion du chauffage à eau à grand volume.

Le corps cylindrique porte, à sa partie supérieure, la tubulure de trop plein et, à sa partie inférieure, la tubulure d'arrivée de la colonne montante ; il peut avoir en plus une tubulure pour le remplissage.

Du fond partent les tubulures des colonnes descendantes de distribution de chaleur ainsi qu'une tubulure spéciale reliant le vase à un hydromètre, appareil ayant pour but d'indiquer, sur un cadran placé en cave près de la chaudière, la hauteur du liquide.

L'hydromètre est muni de deux robinets dont un de vidange.

Le corps cylindrique porte aussi un indicateur du niveau de l'eau dans le vase.

Le vase d'expansion ayant une certaine surface exposée au refroidissement, on l'entoure généralement d'un isolant, afin de diminuer autant que possible la déperdition de chaleur.

Sur le même plan que le vase d'expansion se trouve la bêche d'alimentation (fig. 174) qui amène ordinairement l'eau au bas de la chaudière.

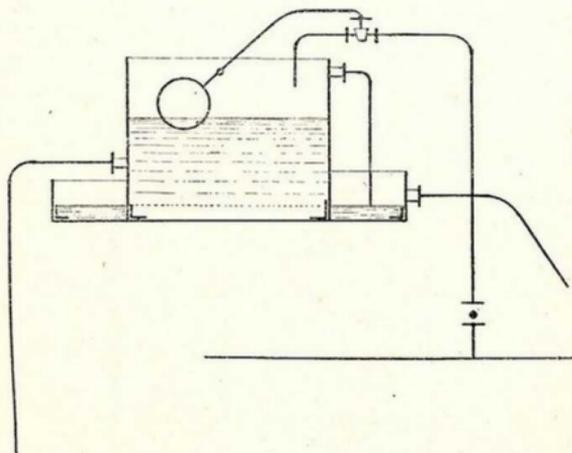


Fig. 174. — Bêche d'alimentation.

C'est une caisse rectangulaire, en communication avec une conduite d'eau sous pression qui l'alimente elle-même ; elle porte un flotteur agissant sur une soupape réglable de façon que le niveau normal dans la bêche soit toujours celui de l'eau froide dans le vase d'expansion.

La bêche pourrait aussi bien alimenter par le vase d'expansion que par la chaudière.

Le tuyau d'amenée de l'eau à la chaudière est, à sa partie inférieure, muni d'un robinet et d'un clapet de retenue automatique.

Il y a toujours la perte par évaporation ; on peut chaque matin ouvrir ce robinet et remplacer l'eau évaporée, la quantité que l'on met étant réglée par le flotteur de la bêche et la hauteur de l'eau étant fournie par les indications de l'hydromètre.



La bêche porte un tuyau de trop plein, pour le cas où la soupape à flotteur viendrait à ne pas fonctionner sans fuite, ou même à ne pas fonctionner du tout, la pression dans la conduite d'amenée devenant trop forte.

Le départ, du vase d'expansion, au-dessous de toutes les circulations, entraîne souvent à l'étage supérieur un encombrement de colonnes descendantes fournissant un excès de chaleur, aussi fait-on des circulations indépendantes ne passant pas par le vase d'expansion.

Alors, tandis que la colonne montante qui passe par le vase ne porte pas de robinet, (il ne faut pas qu'elle puisse être fermée parce que toute dilatation deviendrait impossible), les colonnes montantes libres sont toutes munies de robinets permettant de supprimer le chauffage qu'elles fournissent.

Les différents retours venant et du vase d'expansion et des circulations libres, se réunissent dans une culotte d'où ils rentrent dans la chaudière par une ou deux tubulures au maximum, ceci afin d'éviter de faire un trop grand nombre de trous à la chaudière.

Tous les retours sont munis d'un robinet vanne à volant.

Dans le chauffage à eau à basse pression il est nécessaire que la température de l'eau dans le vase d'expansion ne soit pas supérieure à 95°. Si cette limite est dépassée, il est nécessaire de ralentir le feu, soit en fermant le cendrier, soit en ouvrant des entrées d'air dans le tuyau de fumée.

Ces manœuvres peuvent se faire automatiquement, en disposant sur le vase d'expansion, à la hauteur correspondant au niveau de 95°, le tuyau de trop plein dont il a été parlé. L'eau, s'écoulant par ce tuyau, est amenée dans un récipient auquel est relié le registre d'entrée d'air de combustion, ce récipient, en augmentant de poids, prend un mouvement descendant au moyen duquel il entraîne la fermeture du registre.

Avec la facilité de commande que l'on obtient maintenant au moyen de l'électricité, on peut du reste imaginer un grand nombre de combinaisons réalisant le même but.

Afin de pouvoir chauffer l'eau à une température plus élevée que la température dans le vase d'expansion, on fait souvent un peu circuler la colonne montante dans les locaux à chauffer avant de l'amener au vase.

CANALISATIONS D'EAU CHAUDE

Les canalisations de distribution sont, en fer, pour les chauffages à moyen volume et le diamètre des tuyaux est de 0,04 à 0,05 m.; en fonte, de divers diamètres donnés par les calculs, pour les chauffages à grand volume.

Quand les canalisations sont en fonte les joints sont généralement à brides.

Si les brides sont dressées, pour avoir un joint étanche, il suffit de les rapprocher l'une de l'autre en interposant un peu de minium, ou un cordon en cuivre rouge et de les serrer avec force par les boulons, en ayant soin de garnir de rondelles les trous de boulons.

Si elles ne sont pas dressées, mais qu'elles soient parallèles, on emploie un cercle de filasse que l'on entoure de minium ou de mastic Serbat; on forme ainsi un bourrelet circulaire en dedans des trous de boulons, bourrelet sur lequel on fait le serrage.

Il est indispensable de faire ce serrage progressivement de façon à bloquer tous les boulons presque en même temps, sans quoi, ou l'on fait mal le joint ou l'on casse la bride.

Si le joint est conique ou large, on coule une rondelle de plomb dans laquelle on ménage l'ouverture du tuyau et les trous de boulons, et on remplit le joint avec cette rondelle sur les faces de laquelle on a mis des bourrelets circulaires de filasse et minium.

Ces joints sont assez longs et souvent difficiles à faire, aussi emploie-t-on assez couramment dans le chauffage à eau avec canalisations en fonte, des tuyaux du système Petit.

Tuyaux système Petit (fig. 173). — Ces tuyaux sont terminés par des bouts mâle et femelle et portent des oreilles percées de trous.

Les oreilles de deux tuyaux assemblés peuvent être réunies par une patte tenue par des broches passant dans les trous des oreilles et dans ceux correspondants de la patte.

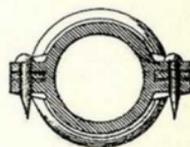
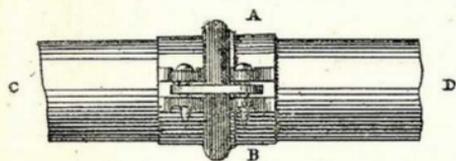
Le bout mâle porte une rondelle en caoutchouc qui, en venant se

serrer contre le bout femelle dans un logement qui lui est ménagé, assure l'étanchéité du joint.

Quand on fait la pose de ces tuyaux, on doit toujours placer les oreilles verticalement ; le bout mâle doit rester fixe, c'est la partie femelle que l'on présente pour recevoir le bout mâle.

Vue de deux tuyaux assemblés

Coupe suivant AB



Coupe suivant CD au moment de l'assemblage

Coupe suivant CD tuyaux assemblés

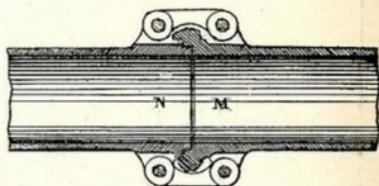
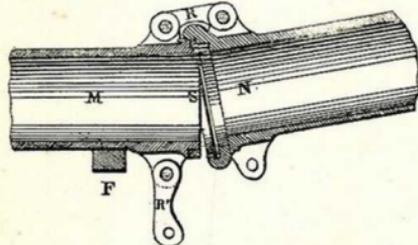
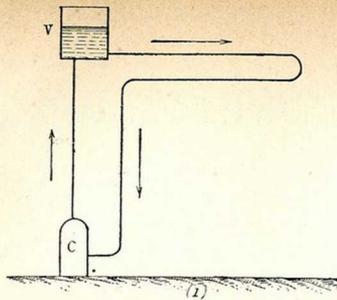


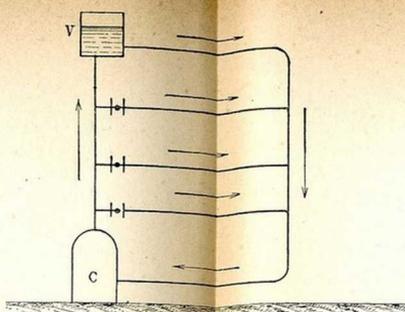
Fig. 475. — Tuyaux système Petit.

Pour faire un joint, on commence à placer la rondelle en caoutchouc autour du bout mâle, lequel est maintenu fixe dans le sens de la hauteur au moyen d'une cale en bois par exemple. On vient ensuite présenter le bout femelle en l'inclinant de façon que la fonte des tuyaux soit en contact à la partie supérieure et on rabat la patte que l'on fixe en enfonçant les broches à moitié seulement ; on abaisse alors le tuyau femelle en s'assurant que la rondelle de caoutchouc n'est pas mordue entre les deux tuyaux qui pourraient la couper ; puis on place la patte de dessous en la fixant par deux broches que l'on enfonce à fond. On décale ensuite le tuyau mâle et on enfonce à fond les broches de dessus.

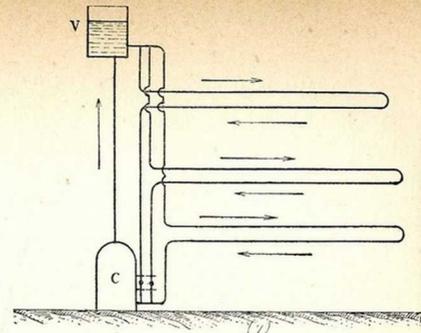
Ces canalisations fournissent l'eau chaude à des branchements desservant isolément chaque local et portant les surfaces de chauffe ou poêles proprement dits,



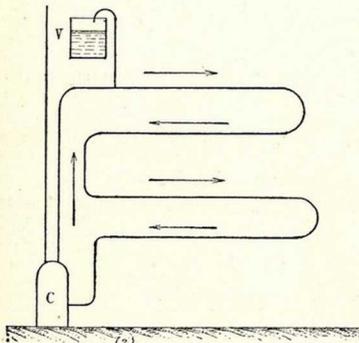
Circulation de l'eau dans le chauffage à eau chaude. (1)



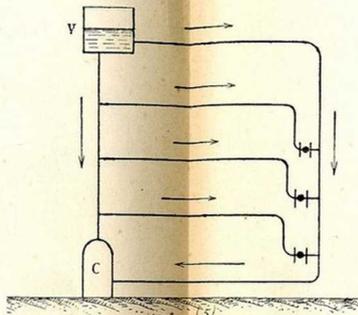
Distribution par lignes horizontales avec réglage à l'entrée des surfaces de chauffe. (2)



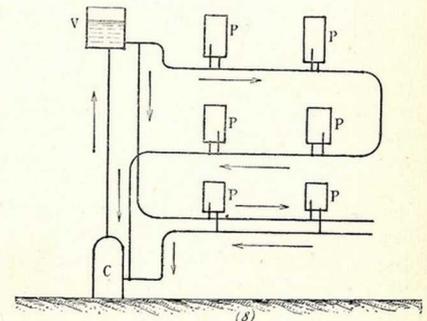
Distribution par lignes horizontales avec transmission égale en tous les points. (3)



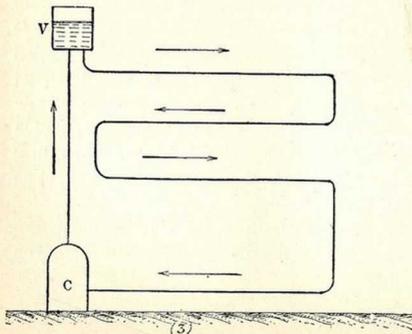
Distribution par lignes horizontales sans réglage. (4)



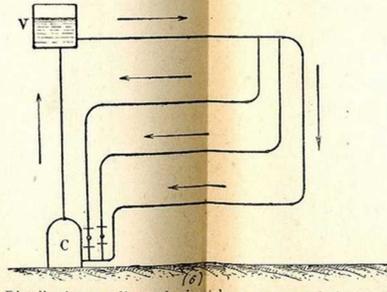
Distribution par lignes horizontales avec réglage à la sortie de la surface de chauffe. (5)



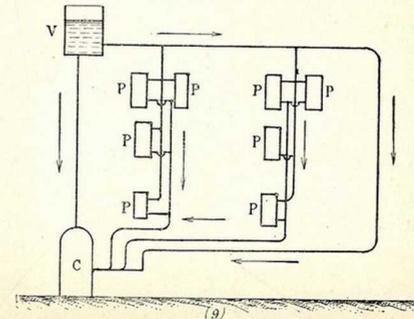
Distribution par lignes horizontales avec réglage à chaque poêle. (6)



Distribution par lignes horizontales sans réglage. (7)



Distribution par lignes horizontales avec transmission égale en tous les points. (8)



Distribution par lignes verticales. (9)

Sur la canalisation de distribution d'eau chaude, que cette canalisation vienne du vase d'expansion ou directement de la chaudière, sont branchés les différents poêles de chaque enceinte.

Dans ces poêles, l'air devant circuler en montant, pour avoir un chauffage méthodique et de bon rendement, il est nécessaire de faire circuler le fluide chaud en descendant; si le poêle est un serpentín à tubes horizontaux, l'eau doit arriver à la partie supérieure et à l'extrémité du serpentín; si les éléments sont des tubes verticaux, l'eau chaude doit encore arriver à la partie haute et se distribuer à tous les éléments en même temps. On fera donc les prises sur le tuyau de distribution qui est à la partie basse du local, et on remontera par un branchement vertical, jusqu'à la partie supérieure du poêle, dans le cas où la distribution sera faite par les lignes horizontales; chaque branchement portera un robinet permettant d'isoler le poêle de la circulation.

Le départ de l'eau refroidie devra être placé de manière qu'en tous points du poêle les chemins, quels qu'ils soient, que l'eau peut parcourir depuis son départ de la chaudière jusqu'à sa rentrée soient les mêmes comme longueurs et sinuosités.

Tout poêle ayant la forme d'un faisceau tubulaire avec arrivée et sortie d'eau partant de l'axe du faisceau, sera donc établi dans de mauvaises conditions de fonctionnement; tout poêle composé d'éléments verticaux où l'eau partira du même côté qu'elle est arrivée sera mauvais.

La distribution de l'eau chaude peut être faite de deux façons :

Si l'aménagement des diverses pièces à chauffer aux divers étages du bâtiment est telle que les poêles puissent être tous placés sur une même ligne verticale, on fait un collecteur passant dans les combles et d'où descendent toutes les lignes de retour verticales alimentant chacune toute la série des poêles rencontrés. On aura soin de compter, dans l'établissement de ceux-ci, sur un rendement moindre à mesure que l'on s'approche de la chaudière.

Cette disposition ne peut généralement être employée, surtout dans les maisons de rapport.

Aussi, distribue-t-on par lignes horizontales; on fait partir une série de colonnes descendantes, passant généralement dans la cage

de l'escalier, chaque colonne descendante desservant ou un appartement, ou un étage, ou même plusieurs étages, en traversant les diverses pièces par un ou plusieurs branchements horizontaux primaires sur lesquels on dérive les poêles des locaux à chauffer.

Quel que soit le système de distribution, les branchements des poêles sont commandés par un robinet près de leur arrivée à la surface de chauffe.

Quand la distribution est faite par lignes horizontales, il est nécessaire de ménager un robinet d'air à la partie haute de chaque surface ou poêle desservi par un branchement ascendant. Ce robinet sert à assurer le remplissage indispensable pour que le fonctionnement de l'installation soit satisfaisant.

Les divers branchements d'un même distributeur se réunissent dans un retour commun qui vient rejoindre la conduite de distribution au delà du dernier branchement.

La distribution par lignes horizontales (fig. 176) ne semble être praticable qu'en employant le chauffage à eau à moyen volume ; en tous cas les distributeurs horizontaux doivent avoir une pente descendante de 0,005 à 0,008 mm. par mètre dans le sens du mouvement de l'eau chaude.

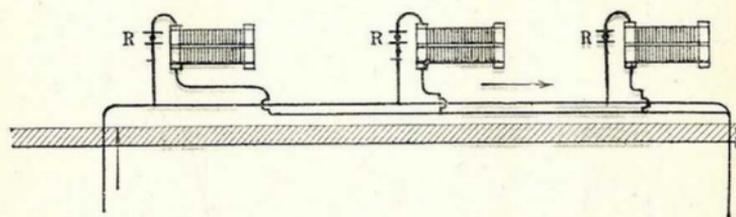


Fig. 177. — Tuyauterie pour chauffage à eau moyen volume.

SURFACES DE CHAUFFE.

Les surfaces de chauffe sont ordinairement en fonte et diverses, de façon à pouvoir, d'après les exigences de la construction et de l'ameublement, être placées dans les locaux à des endroits variables de dimensions et de formes.

Ce sont généralement des surfaces à lames, afin d'avoir une grande surface de chauffe en même temps qu'un encombrement restreint, car on doit pouvoir les mettre, soit dans l'embrasure des fenêtres, soit dans de fausses cheminées, soit même dans de vraies cheminées aménagées spécialement, soit dans des angles sous forme de poêles, soit contre des colonnes, etc.

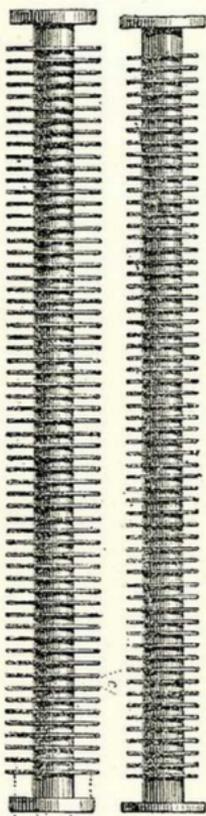


Fig. 178. — Tuyaux lamés horizontaux à ailettes centrées.



Fig. 179. — Tuyau lamé horizontal à ailettes excentrées.

Ces surfaces nervées se divisent en deux grandes classes ; celles destinées à être placées horizontalement, et celles destinées à être placées verticalement.



Tuyaux lamés horizontaux (fig. 178 à 182). Dans les surfaces horizontales on trouve d'abord les tuyaux nervés perpendiculairement à l'axe, les nervures étant centrées (fig. 178) ou excentrées (fig. 179) par rapport au tuyau lui-même.

Les types de ces surfaces, comme dimensions, sont nombreux. Il faut rechercher ceux qui ont le plus faible poids en même temps que la surface de chauffe la plus grande alliée au meilleur coefficient de transmission.

Dans les tuyaux à ailettes les facteurs qui influent sont, en effet, et l'écartement des ailettes, et leur diamètre comparé à celui du tuyau lui-même.

Dans les tuyaux à ailettes centrées, on peut citer comme avantageux ceux :

De 0,060 m. de diamètre intérieur, avec ailettes de 0,170 m., espacées de 0,025 m., pesant au mètre 40 kgs., ayant une surface de chauffe de 1,68 m², donnant 475 calories par mètre courant dans le cas du chauffage à eau à basse pression ;

De 0,080 m. de diamètre intérieur, avec ailettes de 0,220 m., espacées de 0,025 m., poids 55 kgs. au mètre, ayant 2,7 m² de surface de chauffe et donnant 700 calories par mètre courant.

Dans les tuyaux à ailettes excentrées, on peut citer celui de 0,090 m. de diamètre intérieur, avec ailettes de 0,175 m., développant 1,25 m² de surface de chauffe et donnant 375 calories par mètre courant.

On a aussi des tuyaux ayant les ailettes centrées inclinées et distantes entre elles de 0,04 m. (fig. 180).

Ces tuyaux se trouvent en longueurs diverses comprises entre 1 et 2 m. ; le diamètre du tuyau et le diamètre des ailettes ne sont pas quelconques :

Pour un tuyau de 0,060 à 0,070 m. de diamètre intérieur, les ailettes, espacées de 0,025 m., ont de 0,140 à 0,172 m.

Pour un tuyau de 0,100 à 0,125 m. de diamètre intérieur, les ailettes espacées de 0,040 m., ont de 0,200 à 0,225 m.

Par suite de la disposition horizontale des tuyaux il ne faut pas compter, dans les chauffages à eau à basse pression, sur un rendement de plus de 250 à 300 calories par mètre carré de surface de chauffe.

Les tuyaux à ailettes excentrées sont préférables à ceux à ailettes centrées au point de vue de l'utilisation et du rendement.

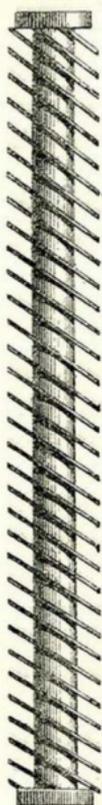


Fig. 180. — Tuyau lamé horizontal à ailettes centrées et obliques.



Fig. 181. — Tuyau en fonte ondulée.

Un grand inconvénient de ces tuyaux est la nécessité où l'on se trouve de les raccorder entre eux par des coudes qui produisent toujours une certaine perte de charge et entraînent un grand nombre de joints amenant autant de chances de fuites; ces coudes ont en outre le désavantage de prendre beaucoup de hauteur.

Ces défauts ont été évités dans les éléments plats qui peuvent se placer directement les uns au dessus des autres, dont les ailettes

n'existent que sur les parois latérales, et dont la surface de chauffe est presque entièrement utilisée (fig. 182 à 185).

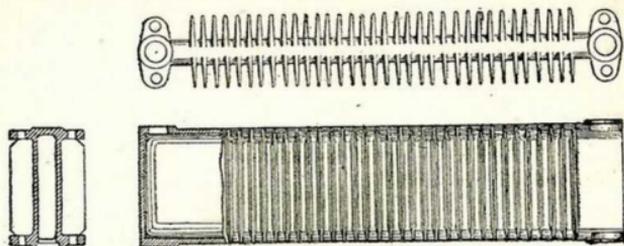


Fig. 182. — Eléments plats Geneste Herscher.

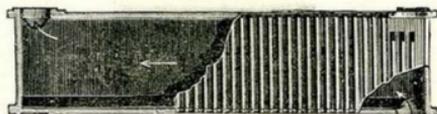


Fig. 183. — Élément plat Koerting.

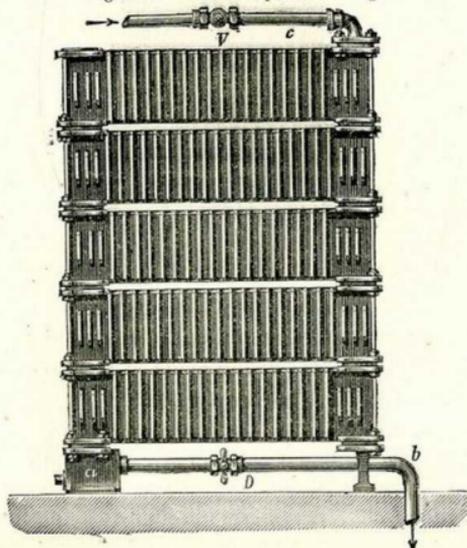


Fig. 184. — Poêle composé d'éléments plats Koerting.

La hauteur ordinaire de ces tuyaux est de 0,250 à 0,260 m., l'épaisseur intérieure du vide entre les parois de 0,040 à 0,060 m.; les ailettes ont la hauteur de l'élément et une saillie de 0,050 à 0,070 m. Le rendement de ces surfaces est d'environ 300 à 550 calories par mètre carré dans le cas des chauffages à eau à basse pression.

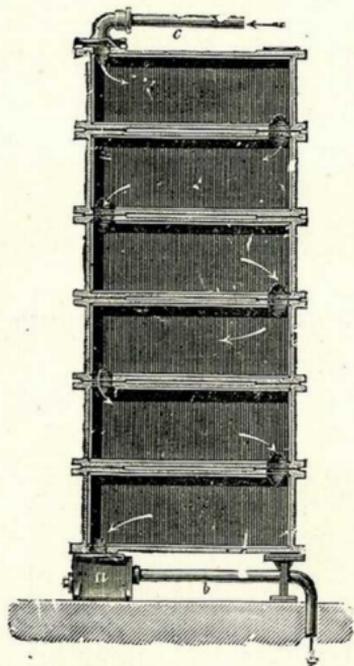


Fig. 185. — Coupe transversale d'un poêle composé d'éléments plats Koerting.

On en a fait avec des ailettes obliques dans le but d'augmenter la surface de chauffe par mètre de longueur et aussi d'avoir un meilleur contact de l'air avec la surface (fig. 186).

Ces éléments se trouvent en longueurs définies depuis 0,45 jusqu'à 1,40 m. en passant par 0,65, 1,00 et 1,20 m.; et varient de 0,75 à 3,10 m² de surface de chauffe en passant par 1,25, 2,10 et 2,60 m².

Les éléments à ailettes obliques ont des longueurs de 0,45, 0,65 et 1,00 m. avec des surfaces de chauffe de 1,20, 1,90 et 2,80 m².

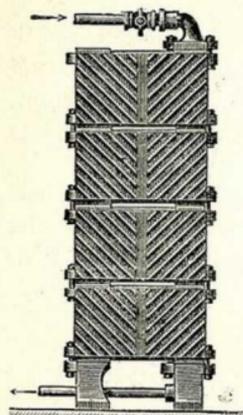


Fig. 186. — Élément plat à ailettes obliques Kœrting.

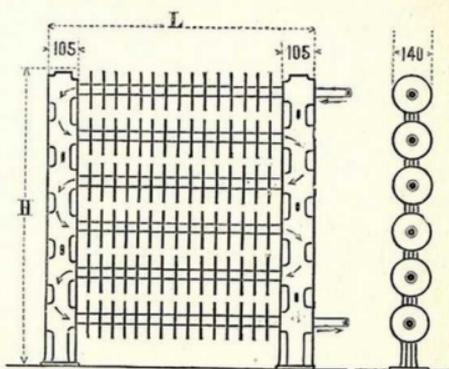


Fig. 187. — Poêle Grouvelle composé d'éléments en fer à ailettes rondes en fonte.

Les dimensions ci-dessus sont celles des maisons les mieux classées, mais il est évident que l'on peut faire de ces surfaces en tou-

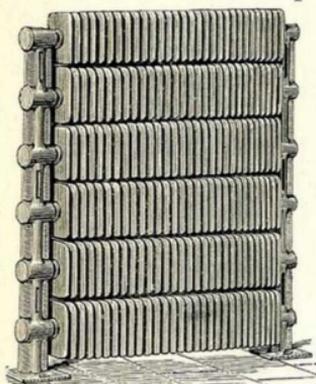
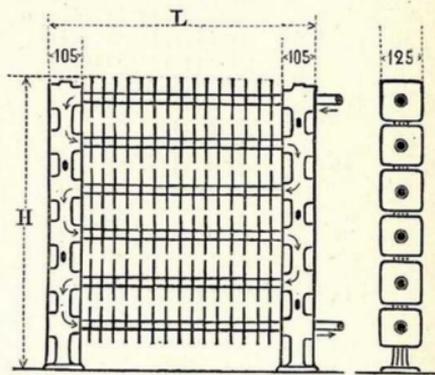


Fig. 188. — Poêle Grouvelle composé d'éléments en fer à ailettes carrées en fonte.



tes longueurs, pourvu que celles-ci répondent aux nécessités des emplacements que les poêles ainsi constitués doivent occuper le plus ordinairement,

Pour obtenir le même résultat, on a constitué des surfaces de chauffe avec des tuyaux en fer à ailettes en fonte, celles-ci étant rondes ou carrées et écartées de 0,025 m. (fig. 187).

Avec des montants spécialement appropriés, M. Grouvelle constitue des poêles (fig. 187, 188) se rapprochant beaucoup des précédents ; les lames rondes ont des diamètres de 0,140, à 0,160 m., les tubes ont un diamètre intérieur de 0,034 à 0,050 m.; les lames carrées ont 0,125 à 0,145 m. de côté.

On peut, avec ces mêmes tuyaux, faire des poêles doubles. et alors les lames, si elles sont rondes, ont un diamètre de 0,160 m., si elles sont carrées elles ont 0,155 m. de côté, avec un tuyau de 50 m. de diamètre intérieur (fig. 189, 190).

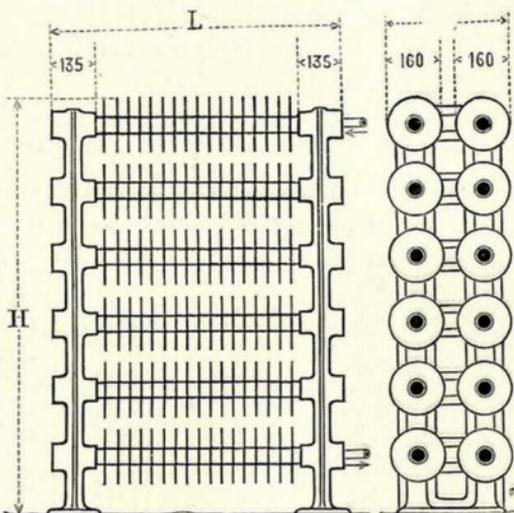


Fig. 189. — Poêle double Grouvelle composé d'éléments en fer à ailettes rondes en fonte.

Les tubes employés le plus couramment dans la chauffage à eau à moyen volume sont ceux de 0,040 m. de diamètre intérieur avec des ailettes carrées de $0,145 \times 0,145$ m. écartées de 0,025 m.

Tuyaux lamés verticaux. — Les surfaces de chauffe verticales

sont aussi nombreuses de formes et de dimensions que les précédentes.

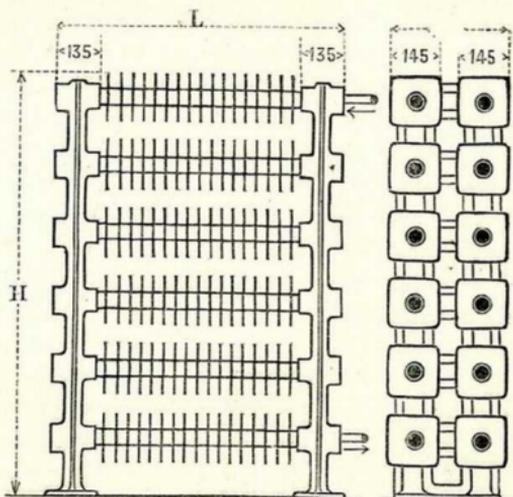


Fig. 190. — Poêle double Grouvelle composé d'éléments verticaux à ailettes carrées en fonte.

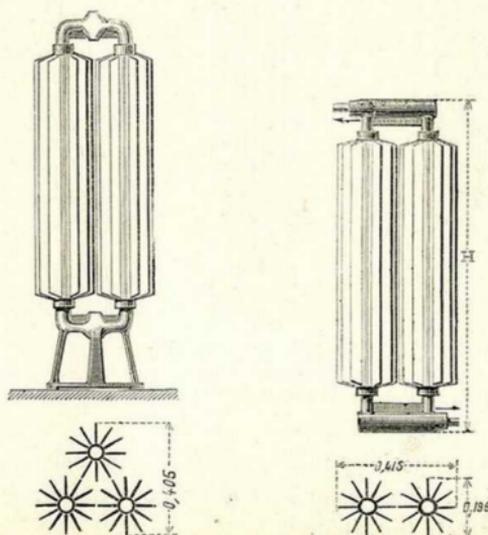


Fig. 191 et 192. — Poêles Grouvelle composés d'éléments verticaux à ailettes longitudinales.

La plus simple est le tuyau à lames longitudinales ; un poêle peut être composé d'un nombre variable de ces tuyaux réunis entre eux en haut et en bas par des culottes, disposées de façon que les tubes soient sur une même ligne (fig. 191) ou forment au contraire des polygones enveloppables (fig. 192) par des meubles cylindriques suivant l'emplacement que l'on doit leur faire occuper.

Avec ce simple tuyau, la surface externe du poêle, c'est-à-dire la surface lamée est seule utilisée. Pour augmenter la surface de chauffe, sans que l'encombrement horizontal s'en suive, on a disposé concentriquement deux tubes, constituant les poêles annulaires, dans lesquels le fluide chaud circule entre un tube intérieur et la paroi du tube extérieur lamé, ou même lisse (fig. 193 à 195).

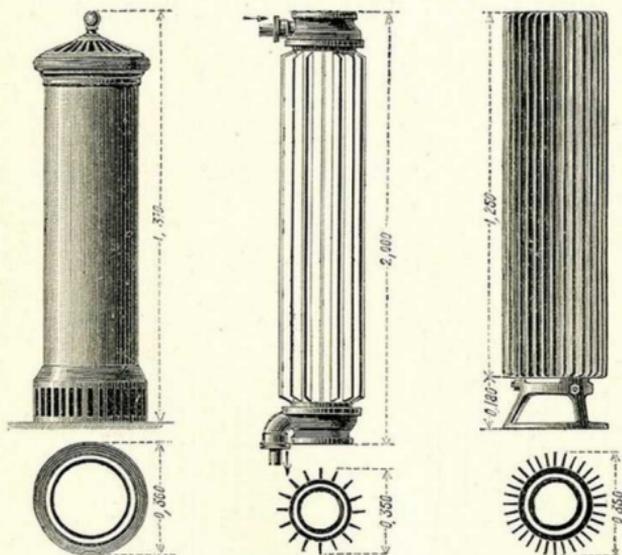


Fig. 193. — Poêle Grouvelle annulaire à lames longitudinales.

Fig. 194. — Colonne de chauffage annulaire à lames.

Fig. 195. — Poêle Grouvelle annulaire uni.

On a donné au poêle annulaire la forme d'une colonne et en faisant la paroi extérieure cannelée au lieu d'être nervée, on en a fait un poêle décoratif (fig. 196).

Dans les tuyaux lamés verticaux, pour des diamètres intérieurs de 0,060 à 0,070 m. du tube, on donne souvent aux nervures une largeur de 0,065 à 0,070 m.

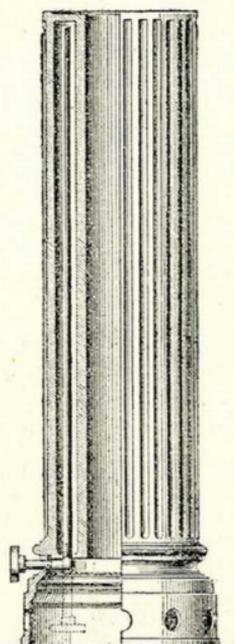


Fig. 196. — Tronc de colonne cannelée.

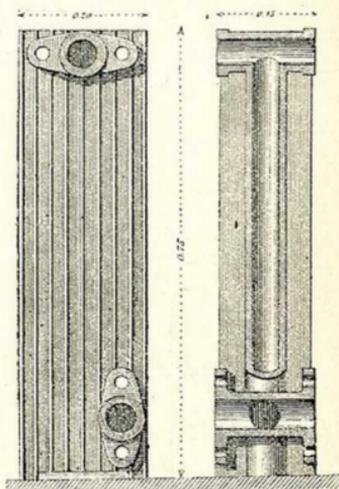


Fig. 197. — Tuyau vertical méplat à ailettes rectangulaires.

La largeur de 0,070 m. semble être courante avec tous les diamètres de tuyaux.

Le rendement de ces surfaces est d'environ 350 calories par mètre carré pour la partie lamée et dans les poêles annulaires 500 calories pour la surface lisse du tube extérieur qui est parcouru par le fluide à chauffer.

La surface de chauffe à tube vertical et à lames diagonales (fig. 199), est similaire de celle à lames verticales, mais porte à sa partie supérieure une tubulure double à brides, permettant la réunion, sur une même ligne, d'un nombre quelconque d'éléments juxtapo-

sés ; à la partie inférieure, se trouve une tubulure avec des brides verticalement placées, servant de support à la surface et permettant

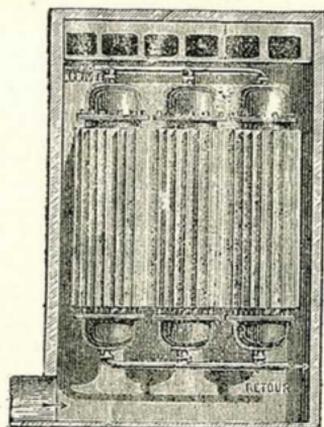


Fig. 198. — Disposition de tuyaux lamés verticaux formant calorifère.

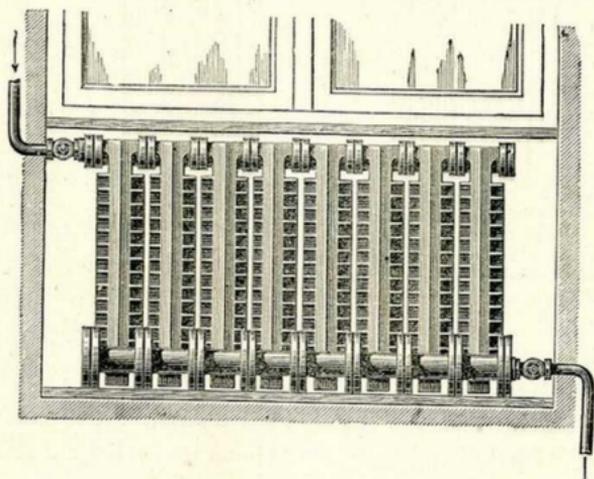


Fig. 199. — Poêle Koerting composé d'éléments verticaux à ailettes diagonales.

le même assemblage. Le tube n'est pas circulaire mais rectangulaire et les ailettes latéralement placées sont à 45° sur la verticale.

Quand on aura cité l'élément annulaire à ailettes (fig. 200), constitué par un tube en forme d'anneau, muni de quatre tubulures

deux à la partie supérieure et deux à la partie inférieure, situées deux à deux sur deux diamètres perpendiculaires, et portant des ailettes verticales, on aura passé en revue tous les éléments dont on se sert pour composer les poêles de formes très variables employés dans le chauffage par l'eau et la vapeur.

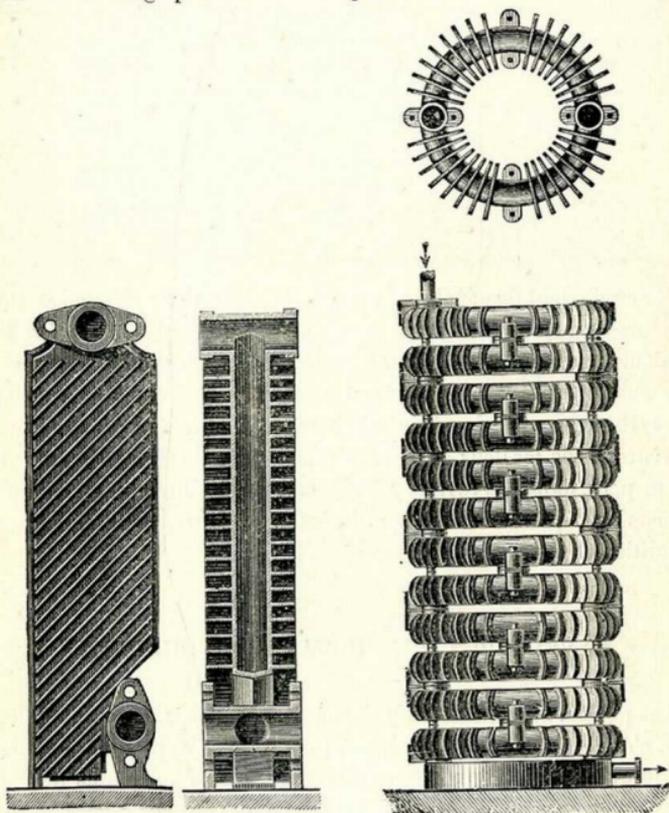


Fig. 199. — Élément vertical à ailettes diagonales, système Kœrting.

Fig. 200. Poêle Kœrting à éléments annulaires

On a indiqué des chiffres pour la chaleur transmise par les tuyaux lamés.

Dans le cas de la transmission de la chaleur de l'eau à l'air,

l'eau circulant avec une vitesse de 0,07 à 0,08 m., l'enceinte étant supposée être à 25°, le tableau suivant résume les résultats de la formule de transmission :

$$M = K' (t - \theta)$$

Température de l'eau chaude en degrés C	Nombre de calories par mètre carré et par heure	Valeurs du coefficient $Q = K'$
50	300	9.00
60	420	9.50
70	540	10.00
80	670	10.50
90	810	11.00
100	1000	11.50

En employant des surfaces nervées, le rapport de la surface intérieure du tuyau à la surface développée des nervures étant 1/4, la chaleur transmise par le tuyau lamé est deux fois celle transmise par une même longueur de tuyau lisse ; si le rapport des surfaces est 1/10, le rapport des transmissions est 5, et la température des nervures dans les deux cas est à peu près celle du fluide chaud.

On peut, dans des tuyaux nervés, compter ordinairement sur une transmission par m² moitié de celle des tuyaux lisses dans les mêmes conditions.

ENVELOPPES DES SURFACES DE CHAUFFE

Les poêles, suivant les endroits où ils sont placés, peuvent rester nus, c'est-à-dire avec les tuyaux les composant apparents, ou être dissimulés par des enveloppes métalliques plus ou moins ornées pouvant être en fonte, tôle ou cuivre découpé (fig. 201 à 203).

Ces enveloppes sont fonction, comme dimensions et formes, de ce qu'est le poêle lui-même ; comme luxe et prix, de l'ameublement des locaux dans lesquelles elles sont placées, mais toujours elles doivent être largement ajourées sur les parois, à la partie basse, pour permettre à l'air froid de pénétrer au contact des surfaces de

chauffe, à la partie haute pour permettre à cet air réchauffé de s'échapper dans la pièce.

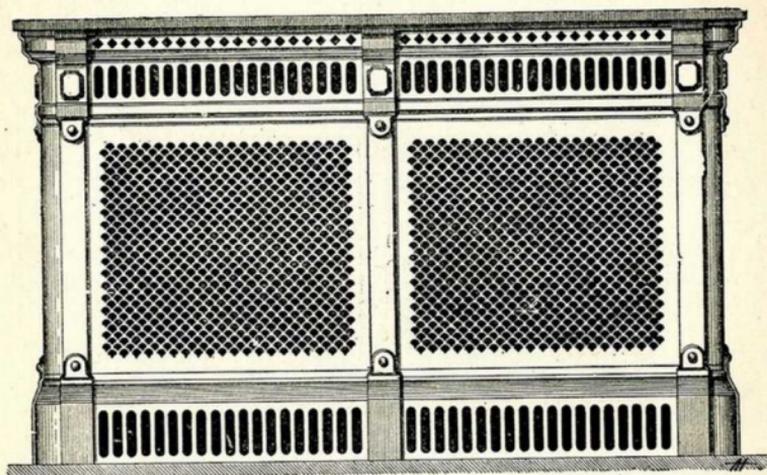


Fig. 201. — Enveloppe en fonte et tôle ajourée pour surface de chauffe.

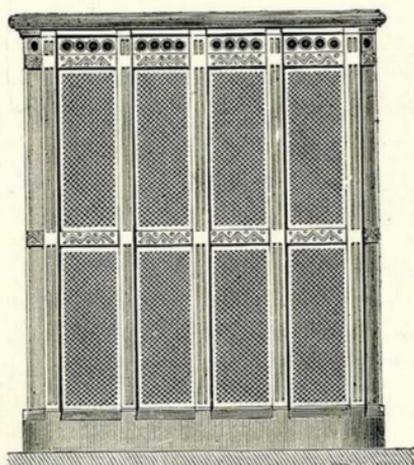


Fig. 202. — Enveloppe en fonte pour surface de chauffe.

Chaque fois que l'emplacement du poêle le permet, il est bon de le mettre, par des ouvertures ou par un conduit, en plancher, communiquant avec l'extérieur, en relation par sa partie basse avec l'atmosphère de façon à fournir dans le local un air chauffé et pur.

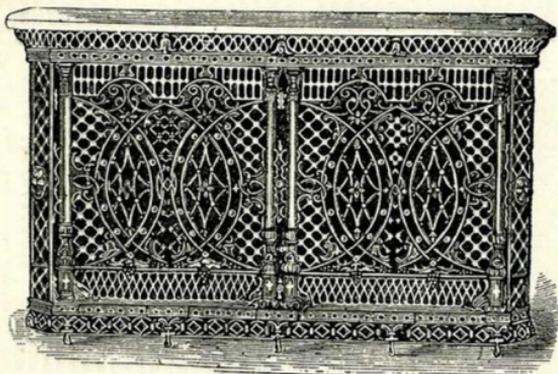


Fig. 203. — Enveloppe décorative pour surface de chauffe.

QUALITÉS ET DÉFAUTS DU CHAUFFAGE A EAU

Le chauffage à eau a l'avantage de donner un air sain et agréable à respirer, de température peu élevée, surtout quand la surface de chauffe rayonne dans les locaux à chauffer; le transport de la chaleur est facile, le chauffage a une grande stabilité qui tient à ce que la quantité de calories renfermée dans l'eau est considérable, mais sa lenteur de mise au régime après un arrêt, son manque de souplesse quand il s'agit de parer à un changement brusque de température, l'inconvénient des surfaces chauffantes d'émettre de la chaleur longtemps après l'arrêt de chauffage, le défaut de donner le matin un chauffage insuffisant, et le soir quand l'éclairage fonctionne un chauffage trop intense, en condamnent l'emploi pour les locaux qui ne doivent être desservis que d'une façon intermittente.

Cependant, avec le système à moyen volume, à cause de la faible quantité d'eau employée, on peut utiliser le chauffage à eau dans les locaux occupés même d'une façon intermittente. Il faut alors de petits tubes et une chaudière de petite dimension (fig. 204).

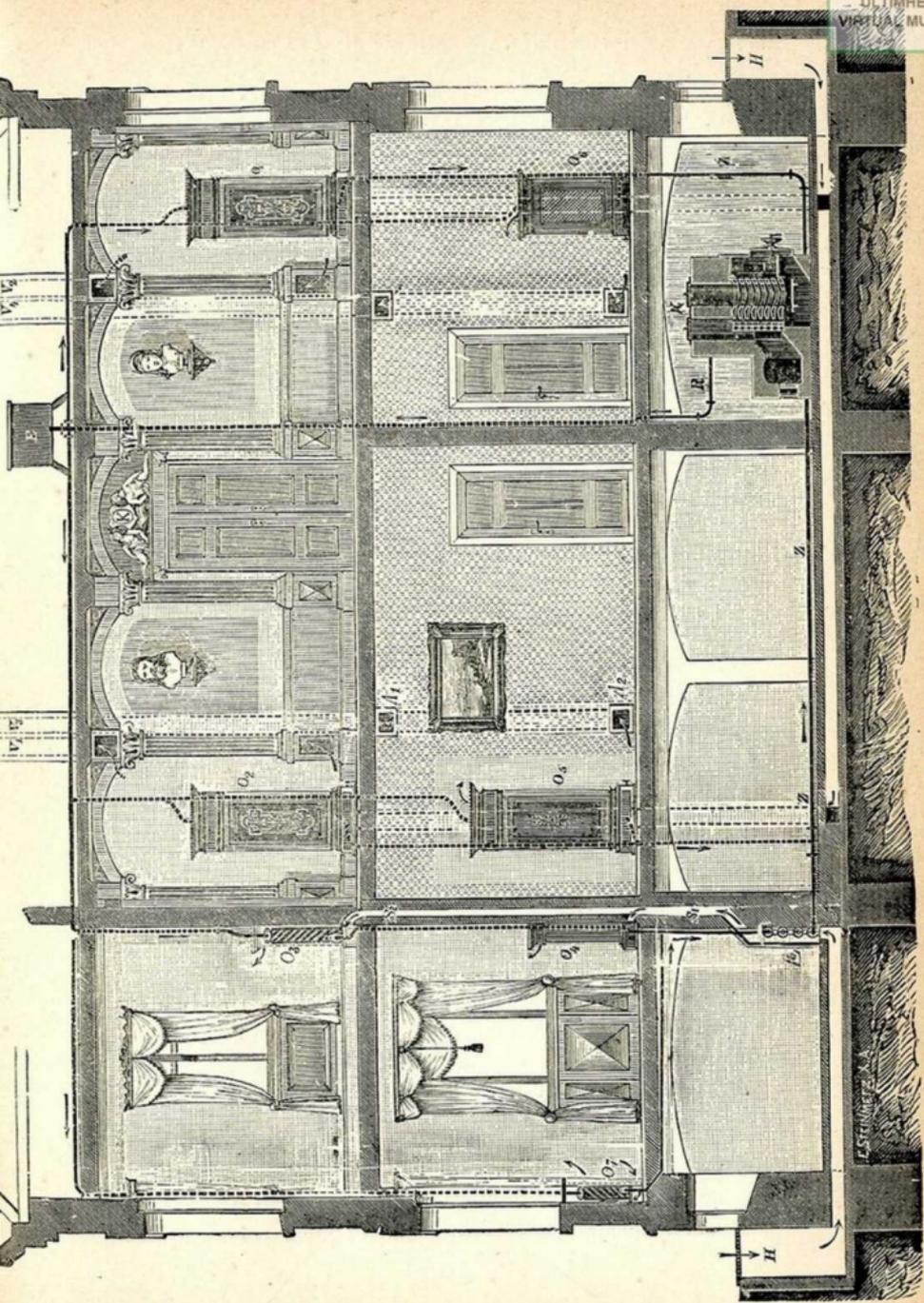


Fig. 204. — Chauffage d'une maison au moyen de l'eau chaude.

CHAUFFAGE A EAU A PETIT VOLUME

Quand on a un chauffage avec vase d'expansion ouvert à l'air, quelle que soit la température de l'eau dans la chaudière, température fonction de la pression résultant de la hauteur du vase d'expansion, on n'aura jamais plus de 100° et dans le vase et dans les colonnes de retour sur lesquelles on branche les poêles. Par suite, pour fournir à une demande importante, il faudra toujours de grandes surfaces de chauffe, une quantité d'eau considérable ; on aura toujours l'inconvénient du manque de souplesse.

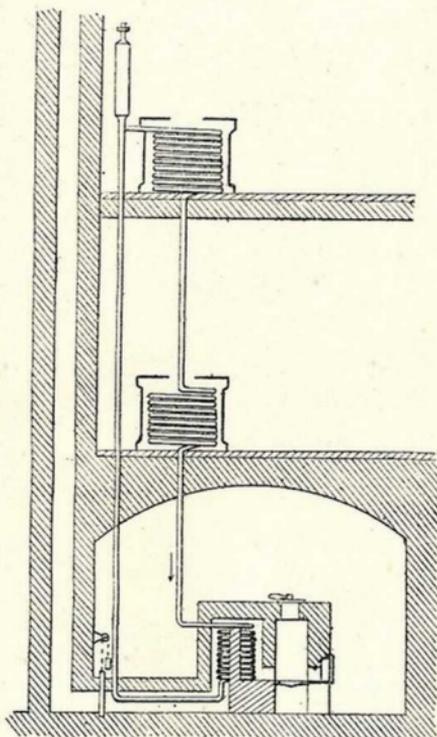


Fig. 205. — Schéma d'un chauffage à eau à petit volume, système Perkins.
Mais si l'on ferme le vase d'expansion et que l'on fasse fonctionner

la chaudière sous une pression atteignant dans certaines installations jusqu'à 25 kilogrammes, on peut avoir dans les colonnes descendantes de 125 à 150°, on dispose d'un abaissement de température plus grand qu'avec le système ordinaire; on a des tuyaux de distribution de petit diamètre et des surfaces de chauffe d'encombrement et d'étendue restreints, ainsi qu'un faible volume d'eau en circulation; le manque de souplesse reproché aux chauffages à eau n'existe plus.

Chauffage Perkins. — Un pareil chauffage comprend (fig. 205) des conduites en fer de 0,027/0,035 m. ou 0,025/0,035 m. partant d'une chaudière constituée par de ces tuyaux enroulés en serpentins.

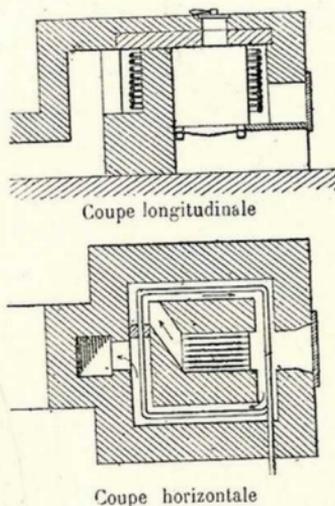


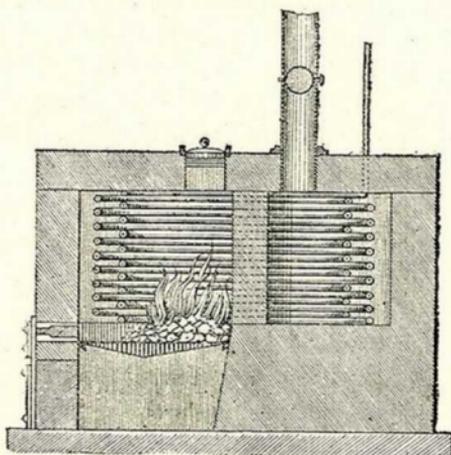
Fig. 206. — Foyer Perkins.

Le tuyau partant de la spire inférieure monte directement à un réservoir en fer qui forme vase d'expansion, et d'où part le tube qui se développe aux différents étages dans les locaux, pour constituer la surface de chauffe avant de rentrer dans le foyer par la spire supérieure.

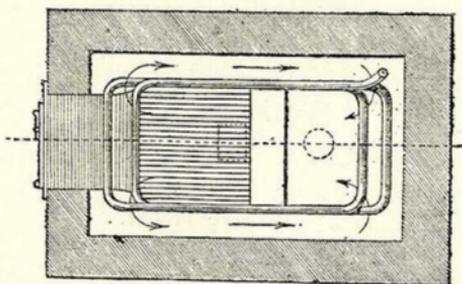
Le foyer (fig. 206) est formé par le serpentín de la chaudière en-

touré de maçonnerie ; le chargement du combustible, qui se trouve à l'intérieur des spires, se fait par le haut.

Pour que le contact avec les gaz se fasse mieux, on a fait le serpentín avec des grandes et des petites spires pour forcer ainsi le mouvement de ces gaz. Le foyer ainsi construit est le foyer Perkins (fig. 207-208).



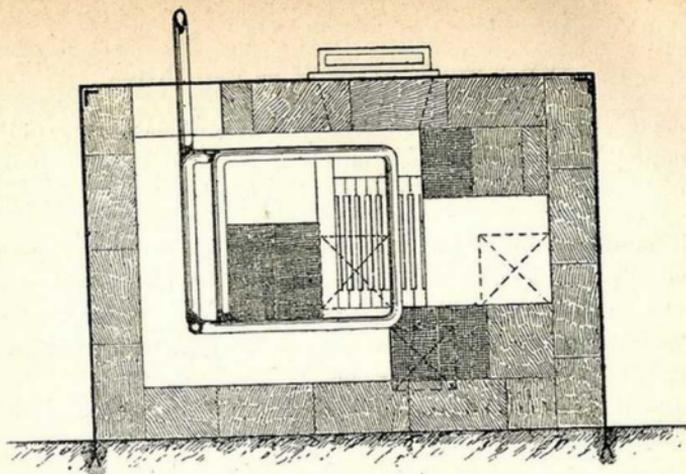
Coupe longitudinale



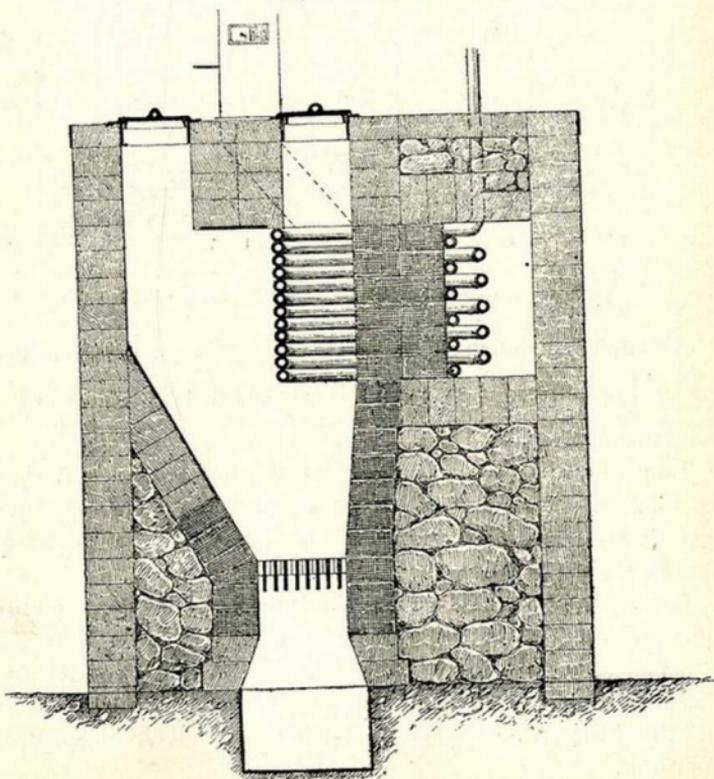
Coupe horizontale

Fig. 207. — Foyer à grandes et petites spires pour chauffage à eau à petit volume.

MM. Geneste Herscher ont perfectionné ce système de façon à permettre l'isolement ou l'arrêt du chauffage dans une salle quel-



Coupe horizontale



Coupe longitudinale

Fig. 208. — Foyer Gandillot pour chauffage à eau à petit volume.

conque ; ce qui n'est pas possible avec le procédé Perkins qui ne comprend qu'une circulation unique et continue, telle que tout le chauffage est mis en marche ou arrêté à la fois.

Chauffage microsiphon Geneste Herscher. — Le chauffage à eau à petit volume, système Geneste Herscher, dit microsiphon, est divisé en circulations d'importance telle, que pour le bon fonctionnement la longueur ne dépasse pas sensiblement 100 mètres, et le nombre de calories fournies 20000.

Une de ces circulations seulement passe au vase d'expansion, les autres sont libres (fig. 209).

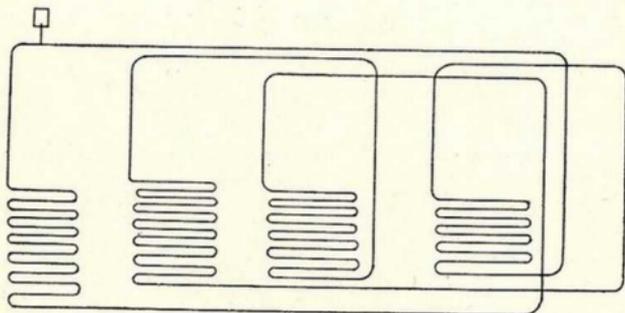


Fig. 209. — Schema du chauffage microsiphon Geneste Herscher.

A chaque circulation correspond un serpentin qui a, comme longueur, $\frac{1}{6}$ de celle de la circulation et est placé dans le foyer pour former chaudière.

Toutes les circulations et les serpentins forment un seul cycle continu, de telle sorte que l'eau qui a fourni 20000 calories environ, repasse dans le foyer pour se réchauffer, aller en fournir 20000 autres, et ainsi de suite.

Les serpentins se trouvent tous placés dans une enveloppe en briques pourvue d'un foyer et formant fourneau (fig. 210 à 213).

Comme, d'après le principe, on peut mettre un nombre quelconque de circulations dans un même fourneau, la largeur de celui-ci semble illimitée ; on ne dépasse toutefois guère huit circulations par fourneau.

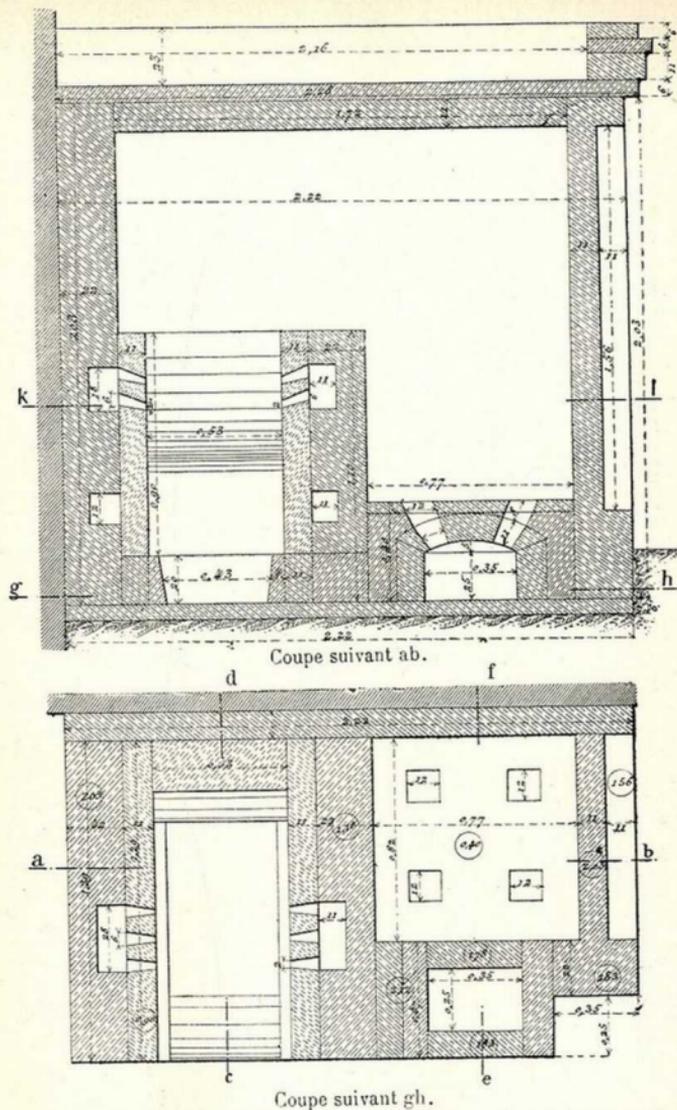
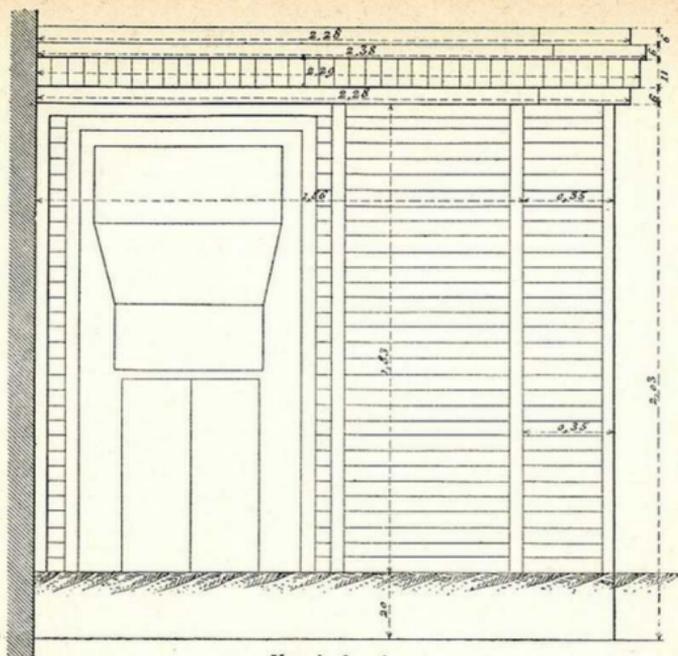
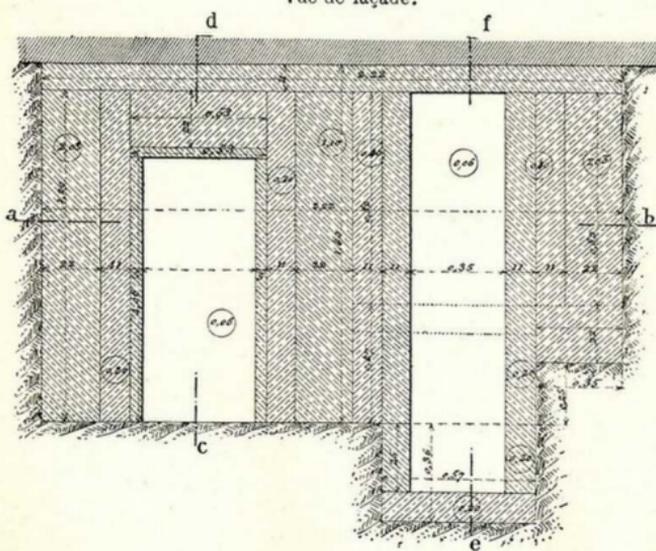


Fig. 210. — Enveloppe en maçonnerie pour fourneau microsiphon, avec foyer à chargement continu Geneste Herscher.



Vue de façade.



Coupe suivant kl.

Fig. 210. — Enveloppe en maçonnerie pour fourneau microsiphon avec foyer à chargement continu, système Geneste Herscher.

Ces fourneaux peuvent être munis de grilles rectangulaires ordinaires de 0,28/0,71 m. ou 0,43/0,71 m., ou de grilles à chargement continu pour brûler les poussières de houille, coke, etc.

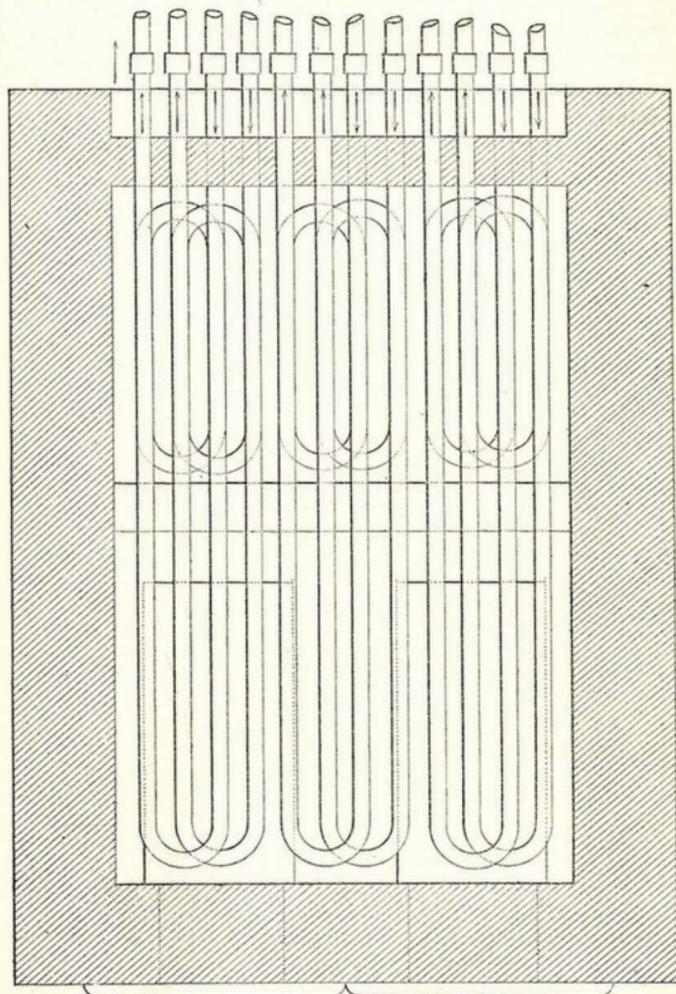


Fig. 211. — Disposition des serpentins dans le foyer Genesté Herscher pour chauffage microsiphon (vue en plan).

Le foyer est latéralement entouré par des parois en briques réfractaires de 0,11 m.; l'autel est placé à une profondeur de 0,71 m. de la face interne de la façade doublée d'une brique ordinaire de même épaisseur et est constitué par une brique réfractaire de 0,11 m., sa hauteur varie de 0,60 à 0,90 m., le nombre de petites spirales des serpentins placés à l'arrière de l'autel n'est que de 5 ou 6 au maximum.

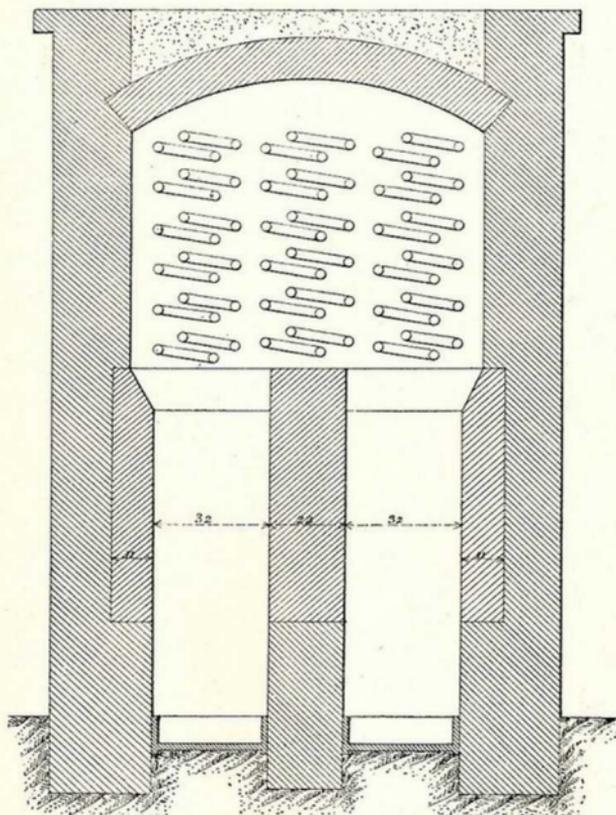


Fig. 212. — Disposition des serpentins dans le foyer Geneste Herscher pour chauffage microsiphon (coupe transversale).

La longueur intérieure du fourneau au-delà de l'autel varie de 0,50 à 1,00 m.; la paroi de fond de l'enveloppe n'a que 0,11 m. d'é-

paisseur, alors que les parois latérales et la façade ont 0,22 m.; toute l'enveloppe est faite en briques et munie de ceintures et montants en fer pour éviter les dislocations produites par la chaleur.

Le départ des gaz de la combustion se fait à la partie inférieure du fourneau et à l'arrière.

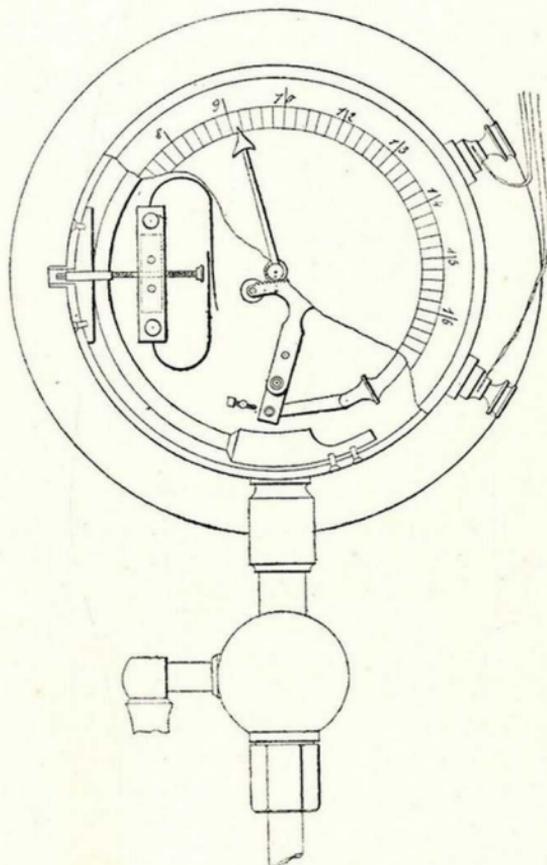


Fig. 213. — Manomètre avertisseur électrique.

Les spires des serpentins ont 0,16 m. d'intervalle d'axe en axe et descendent de 0,12 m. à chaque spire; le départ de l'eau a lieu

à la partie supérieure et la rentrée à la partie inférieure du serpentin. Les tubulures se trouvent à l'arrière du fourneau, mais si nécessité il y a, on peut mettre les départs à l'avant. Suivant la place que l'on a, le fourneau peut être fait de telle façon que les serpentins soient suivant la largeur, les tubulures sont alors sur les parois latérales.

Dans tous les cas les serpentins sont portés sur des fers scellés dans les parois de l'enveloppe en briques.

Le fourneau porte comme appareil accessoire de sûreté un manomètre métallique (fig. 213) disposé de telle façon que lorsque la pression vient à s'élever à l'excès ou à s'abaisser au-dessous d'une certaine limite, une sonnerie électrique est actionnée et avertit du danger.

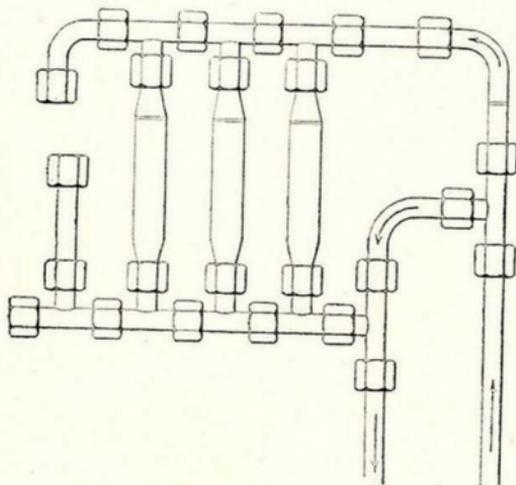


Fig. 214. — Vase d'expansion du chauffage microsiphon.

La disposition peut être telle qu'en même temps l'on agisse sur le registre d'entrée de l'air de combustion pour le fermer ou l'ouvrir et ainsi ralentir ou ranimer l'action du foyer.

Le vase d'expansion (fig. 214), qui est placé au point le plus élevé de la circulation, est constitué par des tubes en fer de 0,072/0,082 m., avec extrémités tronconiques permettant leur raccordement sur la

colonne montante par l'intermédiaire d'un branchement horizontal inférieur, duquel part la colonne descendante.

Ce branchement porte un bouchon qui sert pour le remplissage et indique le niveau maximum de l'eau dans le vase lors de l'arrêt du chauffage.

Il faut éviter que l'eau des vases ne se congèle, ne circule pas, ou reste froide et donne par suite de sa rencontre avec les courants chauds, lors de la modération du chauffage, des claquements assez violents. A cet effet, les tubes du vase d'expansion sont réunis à la partie haute sur la colonne montante prolongée de telle façon que la vapeur ou l'eau chaude provenant de sa condensation passe dans le haut du vase sans rencontrer de courant froid.

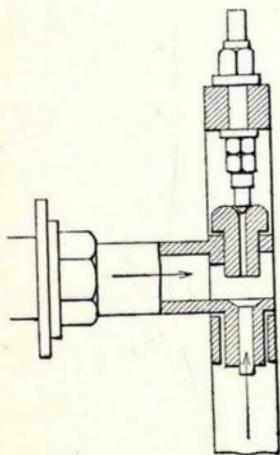


Fig. 215. — Vase d'expansion à soupapes pour chauffage à eau à petit volume.

Ce prolongement horizontal supérieur de la colonne montante est recourbé au delà des tubes du vase d'expansion et porte un bouchon permettant le départ de l'air au remplissage et sa chasse au moment de la première mise en marche de l'installation.

Le vase d'expansion peut être muni de trois robinets, l'un placé au niveau que l'eau doit atteindre à froid, le second au niveau correspondant à la température normale de marche, le troisième à un niveau où l'eau ne doit jamais arriver ; on peut aussi y mettre un indicateur de niveau d'eau à tube de verre et à clapets de retenue afin que l'eau ne puisse s'échapper dans l'atmosphère en cas de rupture du tube.

Le volume du vase d'expansion est de $\frac{1}{15}$ à $\frac{1}{20}$ du volume total de l'eau contenue dans les circulations desservies par le vase.

On remplace quelquefois le vase d'expansion par un appareil à soupapes (fig. 215) tel que la soupape supérieure s'ouvre quand la dilatation se produit et de l'eau s'échappe ; la soupape inférieure

se lève, quand la température de l'eau diminue, et permet à une quantité nouvelle de liquide de rentrer dans la circulation.

Chauffage Grouvelle. — Dans ce système le principe est un peu différent de celui de Perkins. C'est en réalité un chauffage à eau ordinaire mais avec une chaudière spéciale.

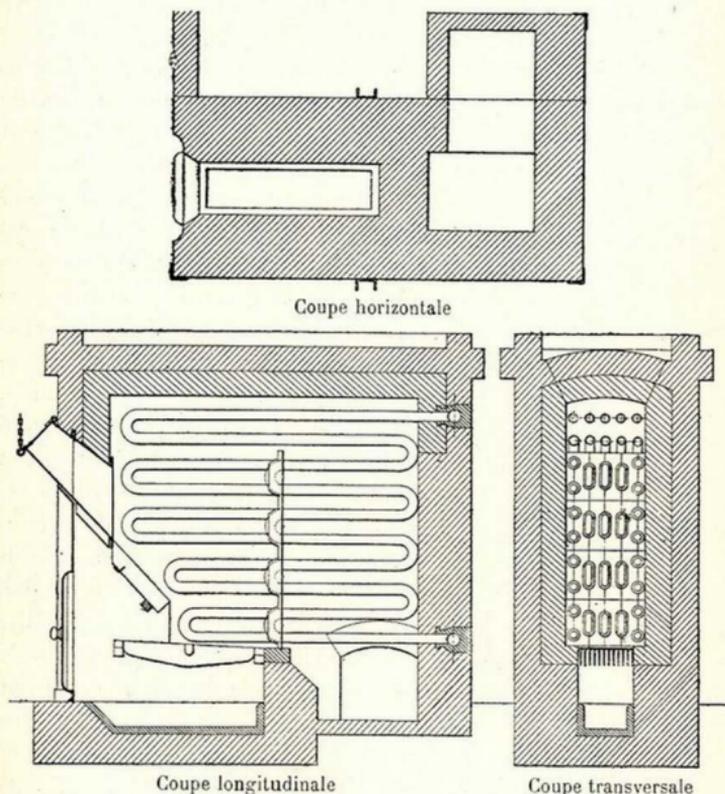


Fig. 216. — Chaudière Grouvelle pour chauffage à eau à petit volume.

La chaudière est placée en cave à un niveau inférieur à celui des surfaces chauffantes ; le volume d'eau mis en circulation doit être le plus faible possible.

Cette eau doit être élevée sous pression à une température de 150 à 180° C. ce qui permet l'emploi de surfaces de chauffe de petites dimensions.

La chaudière (fig. 216) est formée de serpentins en fer réunissant deux collecteurs.

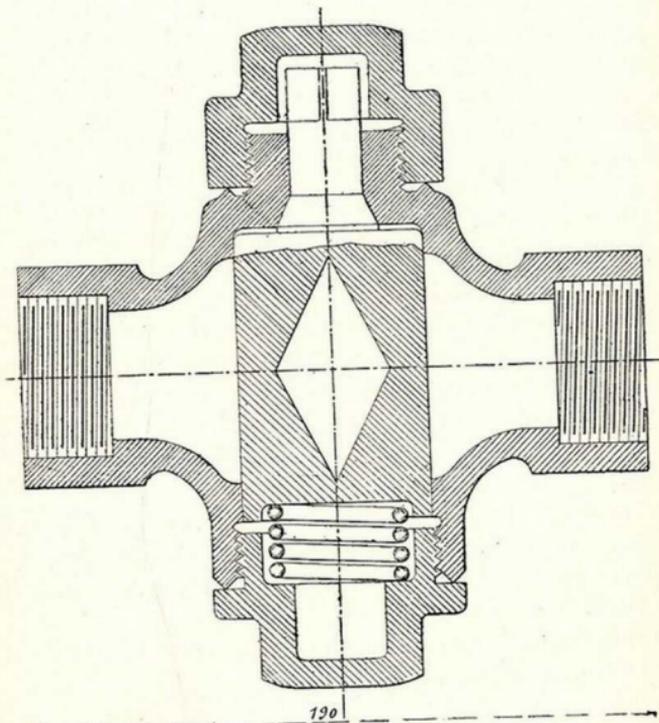


Fig. 217. — Robinet jauge du chauffage à eau à petit volume système Grouvelle.

Cette chaudière est placée dans une enveloppe en maçonnerie, le combustible est introduit dans une trémie formant magasin et brûle sur une grille, partie inclinée, partie horizontale.

Le réglage de la combustion se fait par une ouverture à vis placée dans la porte du cendrier; des arrivées d'air débouchant au-dessus de la grille assurent une combustion parfaite.

Du collecteur supérieur de la chaudière partent diverses circulations sur lesquelles se branchent les conduites devant distribuer l'eau chaude dans les poêles; d'autres tuyaux partant des poêles ramènent l'eau refroidie à la chaudière par le collecteur du bas.

Le très faible volume d'eau permet d'obtenir un chauffage dont l'ensemble est essentiellement réglable, la pression dans la chaudière et par suite, la température de l'eau pouvant varier très rapidement à volonté. De plus l'eau n'étant pas renouvelée, les incrustations ne sont pas à craindre.

Les tuyaux employés peuvent être de très petit diamètre, 0,020 à 0,060 m. extérieur, suivant l'importance du chauffage.

Le réglage s'obtient en limitant la quantité d'eau passant dans chaque surface de chauffe et cela au moyen d'un robinet jauge, d'un modèle spécial placé après chaque poêle sur la canalisation de retour (fig. 217).

Chaque chaudière est munie d'un vase d'expansion fermé par une soupape chargée d'un poids suffisant pour qu'elle ne puisse s'ouvrir que lorsque la pression pourrait devenir dangereuse; un manomètre à contacts électriques placé sur la chaudière agit d'ailleurs sur une sonnerie dès que la pression menace d'atteindre cette limite.

L'inconvénient de ce genre de chauffage, surtout lorsque des surfaces de chauffe sont placées directement dans les pièces, est qu'il n'est pas possible de rendre indépendant le chauffage de chaque pièce.

On ne peut fermer un des poêles sans augmenter immédiatement la température de tous les autres.

Chauffage Chiboust. — Dans le chauffage Chiboust (fig. 218), qui est un chauffage à eau sous pression, mais différent aussi du Perkins, la chaudière est formée par une capacité remplie d'eau, munie d'un foyer, en tout analogue à la chaudière à eau ordinaire.

Au-dessus de cette chaudière est un récipient sphérique dans lequel plonge le tuyau de départ d'eau chaude.

Ce réservoir contient une certaine quantité d'air cantonnée à la partie supérieure.

Sur la conduite d'eau, au départ et au retour, sont disposés deux évasements sphériques portant des soupapes à boulets.

L'appareil étant supposé en marche, si la température de l'eau baisse dans la chaudière, le boulet placé sur le départ obstrue celui-ci, et il n'y a pas de circulation du liquide.

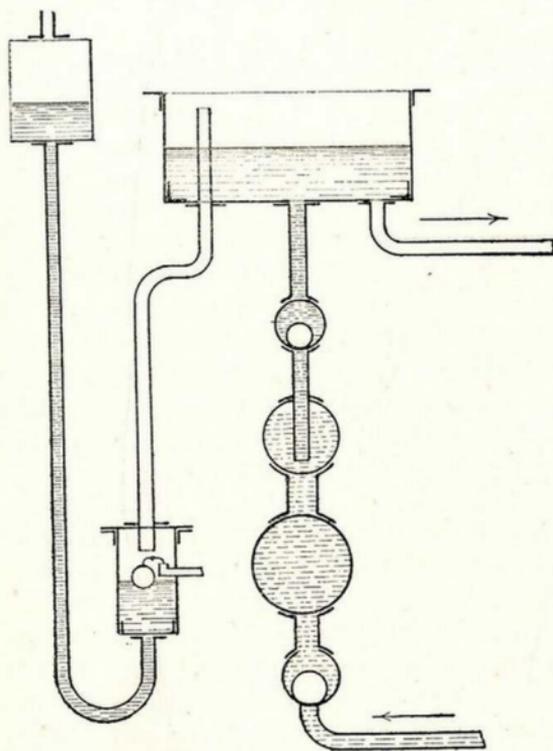


Fig. 248. — Schéma du chauffage Chiboust.

Quand la température s'élève, le volume de l'eau augmente et à un moment donné la pression de l'air comprimé au haut du récipient sphérique est suffisante pour envoyer une certaine quantité d'eau dans le vase d'expansion, en soulevant le boulet supérieur.

Par suite de la diminution de pression en résultant, dans la chau-

dière, le boulet inférieur se soulève à son tour et la circulation s'établit.

Le vase d'expansion est une bêche fermée dans laquelle la pression est réglée par un manomètre à eau sur le parcours duquel est un vase portant une soupape ouvrant l'échappement de vapeur à l'air libre.

CANALISATION DU CHAUFFAGE A EAU A PETIT VOLUME

De ce que les serpentins et les circulations forment un seul cycle continu, il est impossible de faire un réglage du chauffage microsiphon en isolant au besoin une des circulations comme on le fait dans le chauffage à moyen volume en particulier. On réalise toutefois ce réglage en branchant sur la ligne continue de distribution diverses surfaces chauffantes.

Dans le cas où l'on utilise les surfaces de chauffe comme hydro-calorifère avec bouches d'émission d'air dans les locaux chauffés et sans utiliser aucunement la chaleur due au rayonnement des surfaces, il est absolument inutile de chercher à régler la circulation de l'eau car on complique l'installation et on augmente le prix d'une manière notable.

Mais si l'on a les surfaces dans chaque local et que l'on utilise la chaleur rayonnante, il est indispensable de pouvoir isoler à volonté les poêles de la circulation.

Celle-ci, dans une enceinte chauffée, comprendra donc deux parties, l'une qui fonctionne continuellement, c'est-à-dire tant que le foyer est allumé, l'autre qui ne fonctionne qu'à certains moments.

La température extérieure dans un même hiver est très variable et le chauffage des locaux est prévu afin de fournir une température déterminée lors des plus grands froids.

Il doit, d'une part, compenser les pertes dues au refroidissement provenant de la transmission, au travers des parois, de la chaleur de l'air chauffé du local à l'air froid extérieur ; d'autre part, fournir à l'air de ventilation, dont on verra l'utilité et l'importance ultérieurement, la chaleur nécessaire pour l'amener à la température

de l'enceinte ; enfin, à la mise en marche, il doit encore amener tout l'air de cette enceinte à la température qu'il est nécessaire de réaliser.

La quantité de chaleur toujours à fournir est celle qui doit compenser celle perdue par les parois, par conséquent le tube de circulation continue pourra être disposé contre celle-ci et viendra répondre à ce but ; il ne chauffe jamais trop car sa longueur ne sera ordinairement pas suffisante pour compenser les déperditions murales lors des plus grands froids, il pourra toujours être placé contre ces parois sans rien gêner, car son diamètre extérieur, 0,035 m., est très faible et il n'amène pas d'encombrement.

Dispositions des surfaces de chauffe. — Les autres quantités variables de chaleur sont alors fournies par les surfaces de chauffe ou les poêles qui peuvent être placés, soit dans l'embrasure des fenêtres, soit contre les murs à certains endroits appropriés, afin que l'on puisse les utiliser au chauffage de l'air pur appelé de l'extérieur pour se dégager dans la pièce à chauffer.

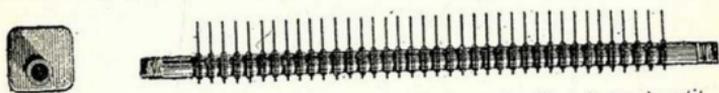


Fig. 219. — Tuyau à ailettes excentrées en fer pour chauffage à eau à petit volume.

Ces surfaces de chauffe ou poêles (fig. 219) sont constitués par tubes en fer de 0,025/0,035 m. munis de lames en fer à embase et frettées à contact intime sur les tubes.

Ces ailettes sont excentrées en vue de réaliser le chauffage méthodique de l'air qui s'échauffe à leur contact et aussi afin de faciliter l'époussetage et le nettoyage des surfaces chauffantes ; les ailettes ont 0,125 m. de côté car elles sont rectangulaires.

L'eau qui circule dans tous ces tubes étant à une pression qui peut atteindre et même dépasser 15 atmosphères, les ruptures pouvant, dans les habitations, amener des accidents très graves, il faut que la construction soit très soignée, et, avant de mettre ces tuyaux en place il est prudent de les essayer à froid à une pression hydraulique de 75 à 100 atmosphères.

De même les joints doivent être faits avec beaucoup de soin, ils sont du reste spéciaux.

Les deux tuyaux à réunir (fig. 220) sont taraudés à leur extrémité, l'un à droite, l'autre à gauche, ils ont leurs extrémités terminées l'un en biseau, l'autre par une face plane. La réunion se fait par un manchon à vis.



Fig. 220. — Joint de tuyaux pour chauffage à eau à petit volume.

En vissant le manchon, on rapproche les extrémités des tuyaux et on serre jusqu'à ce que le biseau pénètre, en l'entamant, dans la surface plane.

De ce que les diamètres de tous les tuyaux sont les mêmes, et que divers branchements partent d'un même distributeur, il est nécessaire que la tuyauterie, au point de vue de son parcours et de la dilatation, soit étudiée avec beaucoup de soin.

Il est indispensable, si l'on suit la circulation en passant par n'importe quel branchement, d'avoir toujours le même chemin à parcourir comme longueur et sinuosité.

Chaque fois que, par suite de nécessité, l'on ne pourra pas réaliser cette condition, il sera nécessaire de mettre, sur la conduite de chemin le plus court ou le moins sinueux, un robinet régulateur que l'on réglera une fois pour toutes à la première mise en marche et qui aura pour but de créer une perte de charge suffisante pour que l'eau chaude passe également dans cette conduite et dans les divers branchements.

Les robinets de commande de ceux-ci doivent être placés sur la conduite de retour, c'est-à-dire au delà des surfaces de chauffe en suivant le mouvement de l'eau.

Les figures 221 à 229 indiquent diverses dispositions de surfaces de chauffe agencées de façon à réaliser les conditions de mouvement certain de l'eau, les lettres R indiquent les robinets de commande,

r les robinets régulateurs, CM les colonnes montantes, CD les colonnes descendantes.

Dans la disposition (fig. 222) il y a un régulateur sans quoi l'eau suivrait la conduite principale de distribution sans passer par les branchements ; dans cette disposition, à cause des dilatations inégales des diverses parties, il y a des mouvements de flexion des tuyaux qui sont nuisibles.

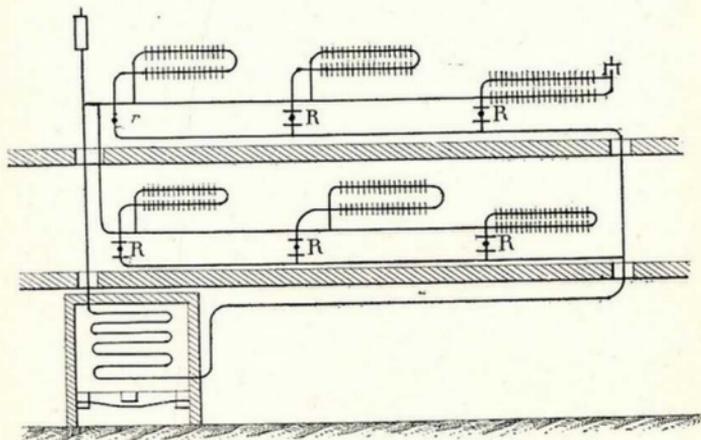


Fig. 221. — Schema de chauffage microsiphon réglable.

La disposition (fig. 223) remédie à cet inconvénient, chaque surface de chauffe étant terminée par un coude qui permet la dilatation.

On peut remarquer que la conduite principale revient sur elle-même pour redescendre près de la colonne montante ; ce n'est pas nécessaire mais c'est préférable car l'on a ainsi toujours la même transmission de calories au commencement de la conduite de distribution comme à l'autre extrémité.

Quand la surface de chauffe fournie par les branchements tels qu'ils sont indiqués dans les schémas 222-223 n'est pas suffisante, on peut employer la disposition (fig. 224).

Avec des circulations ainsi établies, les surfaces de chauffe de branchements sont généralement placées dans l'embrasure des fe-