



Section de

VIRTUAL MUSEUM



R. PÉRISSE

LE
CHAUFFAGE DES HABITATIONS

PAR CALORIFÈRES

GAUTHIER-VILLARS

MASSON ET C^o

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

LE

CHAUFFAGE DES HABITATIONS

PAR CALORIFÈRES

PAR

M. RAYMOND PÉRISSE

Ingénieur agronome

PARIS

GAUTHIER-VILLARS

IMPRIMEUR-ÉDITEUR

Quai des Grands-Augustins, 55

MASSON et C^{ie}, ÉDITEURS,

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, 120

(Tous droits réservés)



LE
CHAUFFAGE DES HABITATIONS
PAR CALORIFÈRES

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT.

Définition. Avantages. Applications. — On appelle calorifère d'une habitation l'ensemble des appareils qui y sont installés pour la chauffer au moyen d'un seul foyer placé loin des appartements et le plus généralement au sous-sol.

Les avantages du calorifère sur les autres appareils de chauffage employés — cheminées ou poêles — sont nombreux et très réels :

La maison est mieux chauffée avec une dépense moindre, il n'y a plus à préparer et à en-



tretenir autant de foyers que de locaux à chauffer, d'où diminution des frais d'allumage et suppression de la malpropreté causée par le transport des combustibles et des cendres. Enfin le foyer et ses annexes immédiates, qui constituent avec lui la source de chaleur, n'encombrent plus les appartements.

Nous verrons plus loin quels sont les avantages et aussi les inconvénients des différents systèmes de calorifères et les applications diverses de ces systèmes en raison même de ces avantages ou inconvénients, mais disons tout de suite qu'un calorifère moderne doit remplir, autant que possible, toutes les conditions suivantes :

Bien chauffer et être hygiénique.

Être d'un bon rendement, c'est-à-dire consommer le moins de combustible possible tout en chauffant bien.

Être réglable, c'est-à-dire se prêter facilement aux variations de la température extérieure.

Être d'un prix de première installation peu élevé, c'est-à-dire d'un prix bien en rapport avec l'importance ou la valeur de l'habitation desservie.

Toutes les maisons modernes sont munies d'un calorifère, mais toutes ne sont pas chauffées



dans les mêmes conditions. D'abord la quantité de chaleur demandée est variable avec la température moyenne extérieure, la nature de la maison et son exposition. En France et plus particulièrement sous le climat de Paris, les calorifères sont calculés pour donner $+ 18^{\circ}$ centigrades lorsque la température extérieure descend à $- 5^{\circ}$. Cet écart de température est généralement appliqué dans le cas de maisons de rapport et d'hôtels particuliers, mais il est évident que s'il s'agit d'un hôtel de voyageurs, ou d'un hôtel particulier habités par des personnes habituées à vivre (comme les Américains ou les Russes) dans une température élevée, il doit être augmenté; il devient quelquefois $+ 25^{\circ}$ par $- 5^{\circ}$. Ce cas est rare, tout au moins sous le climat de Paris où il est exceptionnel d'avoir des froids de longues durées et où, par conséquent, un chauffage trop intensif peut avoir des inconvénients, malgré le réglage du calorifère, lorsque le froid extérieur n'est pas rigoureux.

Par contre, quelquefois un calorifère n'est établi que pour donner environ $+ 15^{\circ}$ par une température extérieure de $- 5^{\circ}$. Si cet écart de 20° est suffisant dans les régions où ce froid est exceptionnel, il est un peu faible pour Paris et les propriétaires qui ont demandé l'établissement d'un



calorifère dans ces conditions peuvent avoir à s'en repentir si un hiver est rigoureux.

En résumé, sauf exceptions, sous un climat analogue à celui du centre de la France, il faut établir les calorifères en vue d'obtenir 23° d'écart (+ 18° par — 7°) entre la température extérieure et celle intérieure dans l'habitation.

D'autre part, le chauffage par calorifère peut être total ou partiel, c'est-à-dire que toutes les pièces ou une partie des pièces est desservie par l'appareil. Quelquefois l'architecte ne prévoit pas à dessein le chauffage dans les chambres à coucher, mais d'une façon générale les calorifères sont disposés pour chauffer les escaliers, anti-chambres et dégagements, les salons et les salles à manger. Dans certaines maisons de rapport, les cabinets de toilettes sont chauffés à l'exclusion des chambres à coucher, ou quelques-unes de celles-ci seulement sont desservies. Tout cela dépend des convenances personnelles du propriétaire, du prix que celui-ci désire ne pas dépasser pour l'installation et aussi du système de calorifère choisi.

Enfin il est facile, dans l'établissement du chauffage d'une habitation, de prévoir que toutes les pièces chauffées n'ont pas besoin de l'être toutes au même degré : c'est ainsi que les



chambres à coucher, munies surtout de cheminées à la française, doivent être chauffées moins que les pièces habitées dans la journée seulement, que la température des escaliers doit être seulement de 13 à 15°, même par les grands froids, que les salles de bains doivent être chauffées autant que les pièces de réception si ce n'est plus (20°). On peut également établir entre deux pièces contiguës, et ce cas est fréquent pour les chambres à coucher, un chauffage alternatif, c'est-à-dire qu'une même source de chaleur est disposée pour chauffer normalement l'une des deux pièces, sans être assez puissante pour chauffer les deux simultanément.

Le calorifère fait donc partie du confort moderne; nous allons faire l'étude des différents systèmes appliqués à l'habitation proprement dite en laissant de côté les grands édifices, hôtels-de-ville, théâtres, hospices, dans lesquels les systèmes de chauffage employés sont plus particuliers et le plus souvent combinés avec les appareils de ventilation. Dans ces édifices, la ventilation est très importante, alors qu'elle n'est pas indispensable dans une habitation.

Auparavant rappelons quelques définitions et indiquons quelques conditions d'établissement communes à tous les systèmes.



Calories. — Un calorifère doit être assez puissant pour restituer à l'habitation le nombre de calories perdu par le refroidissement et pour fournir les calories nécessaires au maintien à peu près constant de la température pour laquelle il a été calculé.

Rappelons qu'on appelle *calorie*, la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température d'un kilogramme d'eau. C'est l'unité de chaleur.

Puissance calorifique. — Les combustibles fournissent aux calorifères les calories qui doivent être utilisées le mieux possible et cette utilisation varie avec les différents systèmes. Le nombre de calories produites par la combustion complète d'un kilogramme de combustible se nomme *puissance calorifique* de ce combustible.

Suivant la dimension et la disposition des foyers, on brûle dans les calorifères des houilles demi-grasses ou maigres, de l'anthracite, des agglomérés de houille, ou du coke, quelquefois du bois. Les houilles sont brûlées, soit à l'état de gailleterie, ou de morceaux plus petits (noisettes, têtes de moineaux ou grains) quelquefois de fines grenues ou de poussier. Rarement il est fait usage de gros ou de tout-venant.



La puissance calorifique de ces combustibles est variable suivant la qualité et la provenance, mais on peut dire qu'elle est comprise entre :

7 800 et 8 600 calories pour les houilles ;

6 800 et 7 500 calories pour les coques ;

2 400 et 2 600 calories pour le bois de chauffage du commerce contenant encore de 25 à 30 % d'eau. (Cette puissance est de 3 600 calories en moyenne pour du bois tout à fait sec).

C'est par l'expérience que la puissance calorifique d'un grand nombre de combustibles a été déterminée et les travaux de Dulong, ceux de MM. Scheurer-Kestner et Meunier et ceux de M. Cornut sont les plus connus.

Dulong a établi la formule suivante qui donne des résultats suffisamment exacts

$$N = 8\,080\,C + 34\,462\left(H - \frac{O}{8}\right)$$

dans laquelle N est la puissance calorifique, C, le carbone, H, l'hydrogène et O, l'oxygène exprimés en grammes par kilogramme de combustible. Le coefficient 34 462 doit être remplacé par 29 000 au cas où la vapeur d'eau produite n'est pas condensée ; et alors il faut tenir compte de la quantité de chaleur nécessaire pour vapo-



riser l'eau déjà formée par le combustible, c'est-à-dire retrancher le produit du poids de cette eau par 606,5.

Conditions d'une bonne utilisation des combustibles. — La première de ces conditions est que l'air arrive dans le foyer avec la quantité nécessaire à la combustion complète. Si l'air n'arrive pas suffisamment, la combustion est incomplète et le combustible mal utilisé. S'il arrive en trop grande quantité, bien que la combustion soit complète, la chaleur dégagée est mal utilisée parce que la température de combustion est abaissée par l'excès d'air.

D'autre part, le foyer doit être construit de façon telle que le mélange de l'air et du combustible soit aussi complet que possible; la forme et la dimension des éléments de la grille du foyer, doivent être appropriés à la nature du combustible employé.

Pour brûler 1 kilogramme de houille dans de bonnes conditions, il faut lui fournir de 15 à 18 kilogrammes d'air soit environ 12 à 14 mètres cubes — et, pour cela, il faut que la section de la cheminée qui produit, par son tirage, l'appel d'air soit d'une dimension en rapport avec la surface de la grille du foyer, qui doit être elle-



même en rapport avec la quantité de combustible à brûler.

Surface de grille. — Dans les appareils calorifères, et particulièrement dans ceux à eau et à vapeur, il faut pratiquement ne brûler que 25 à 30 kilogrammes de houille maigre ou coke par mètre carré de grille, il ne faut pas dépasser 35 kilogrammes, sinon on perd l'allure lente de la grille qu'il importe de maintenir. Ces chiffres sont bien inférieurs à ceux que l'on compte pour les chaudières industrielles sur la grille desquelles on peut brûler 45 à 55 kilogrammes de houille par mètre carré, sans avoir à craindre le surchauffement des tôles.

Cheminée. — La section de la cheminée doit être égale au dixième de la surface de la grille qui est la moyenne entre le $\frac{1}{8}$ et le $\frac{1}{12}$ considérés comme limites.

En pratique, comme il est très difficile d'établir dans un immeuble une cheminée parfaitement en rapport avec la puissance du calorifère, on donne à la cheminée une section un peu plus grande qu'il ne faut et on corrige s'il y a lieu l'excès de tirage au moyen d'un registre qui diminue la section au départ. Dans certains im-



meubles, la hauteur des conduits de cheminées est quelquefois de plus de 20 mètres (cas des maisons de rapport à Paris) et malgré tous les soins apportés à la construction d'une cheminée de calorifère, on est obligé, par des artifices divers, de diminuer le tirage rendu excessif par cette hauteur même. L'excès de tirage est un défaut auquel on peut toujours remédier alors que l'absence de tirage due à une trop faible section de la cheminée en est un presque irrémédiable.

Aération du local du calorifère. — Il ne suffit pas que le foyer et sa cheminée soient établis dans de bonnes conditions, il faut de plus que l'air nécessaire à la combustion puisse entrer facilement dans le local où est installé le foyer du calorifère. Ce n'est pas toujours chose facile lorsque celui-ci est placé dans un sous-sol ou dans des caves profondes comme cela arrive quelquefois à Paris. Le local d'un calorifère doit être parfaitement ventilé et, pour cela, l'air chaud, toujours produit par la chaleur rayonnante de l'appareil, doit être évacué par des soupiraux ou une cheminée d'aération, tandis que l'air froid est amené du dehors par de larges prises d'air. C'est une condition essentielle à remplir que très souvent les architectes et constructeurs ne



prévoient pas avant la construction du gros œuvre, ce qui en rend la réalisation souvent difficile.

Oxyde de carbone. — Lorsque l'épaisseur du combustible sur la grille dépasse 10 centimètres, il se produit de l'oxyde de carbone qui se brûle dans la cheminée en pure perte. Si cette épaisseur est supérieure à 30 ou 40 centimètres, la quantité d'oxyde de carbone devient 3 à 5 fois plus considérable que l'acide carbonique, dans les gaz qui se dégagent du foyer.

1 kilogramme de carbone donne, par sa conversion complète en CO, 2^{ks},33 d'oxyde de carbone.

1 kilogramme de CO exige pour brûler 2^{ks},48 d'air et dégage 2 400 calories.

2^{ks},33 de CO dégageront donc en brûlant

$$2,33 \times 2\,400 = 5\,600 \text{ calories.}$$

Or 1 kilogramme de carbone se transformant en CO seul, dégage seulement 2 500 calories.

Le total de ces deux chiffres donne la puissance calorifique de 1 kilogramme de carbone pur se transformant en acide carbonique seulement

$$5\,600 + 2\,500 = 8\,100 \text{ calories.}$$



On voit donc quelle importance il y a d'éviter la production de CO dans les foyers puisque chaque kilogramme de ce gaz non brûlé dans le foyer fait perdre 2 400 calories.

En pratique, il y a presque toujours dégagement d'oxyde de carbone dans les calorifères qui possèdent une réserve de combustible, destinée à éviter les rechargements fréquents. Cette réserve augmente forcément l'épaisseur du combustible sur la grille. On y remédie par une construction spéciale du foyer et aussi en ménageant des entrées d'air supplémentaires au-dessus de la grille qui fournissent l'air nécessaire à la combustion de l'oxyde de carbone avant son passage dans la cheminée.



CHAPITRE II

DÉPERDITIONS DE CHALEUR

Refroidissement des locaux. — Pour déterminer la puissance à donner à un calorifère, il est nécessaire de connaître l'importance des pertes de calories dues au refroidissement des divers locaux de l'habitation. Ce refroidissement se fait par la transmission de la chaleur à travers tous les murs, par le sol et par le renouvellement de l'air.

Pertes par les murs. — Les phénomènes de la transmission de la chaleur par conductibilité, convection et radiation ont été l'objet d'études et d'expériences de la part de nombreux physiciens. La loi de Newton est relative au refroidissement des corps ; celle de Dulong et Petit a été établie par eux à la suite d'expériences sur le même phénomène et les expériences de Péclet



lui ont permis de déterminer les coefficients de conductibilité de radiation et de convection de différents corps. On trouvera, dans le *Traité de Physique industrielle* de L. Ser, une étude très complète des travaux de ces physiciens; qu'il nous suffise de dire que, de toutes les formules plus ou moins complexes établies par eux, celle qui est pratiquement employée pour déterminer la chaleur transmise à travers une paroi pendant une heure est la suivante :

$$P = SQ (t - \theta),$$

dans laquelle :

- S est la surface de la paroi en mètres;
- t, la température à maintenir à l'intérieur de l'habitation ;
- θ , la température extérieure ;
- Q, le coefficient de transmission donnée par la relation

$$\frac{1}{Q} = \frac{1}{k} + \frac{e}{C} + \frac{1}{k'}$$

dans laquelle,

- e est l'épaisseur de la paroi en mètres ;
- C, le coefficient de conductibilité du corps constituant la paroi ;



k et k' , des coefficients dépendant de la nature des surfaces de la paroi et de l'écart de température ($t - \theta$). Cependant, dans le cas des habitations où cet écart ne dépasse pas 25° , il n'est plus nécessaire d'en tenir compte pour déterminer les coefficients k et k' qui sont simplement donnés par la relation :

$$k = r + f$$

$$k' = r' + f'$$

r étant le coefficient de rayonnement de la surface intérieure de la paroi ; r' , celui de la surface extérieure ; f et f' , les coefficients de convection à l'intérieur et à l'extérieur.

Connaissant ces coefficients, résultats des expériences de Pécelet, il est facile de calculer le coefficient Q qui est fonction de l'épaisseur de la paroi. Cependant, en pratique, dans le calcul de la transmission de chaleur à travers les murs d'une habitation, on n'emploie pas un coefficient différent avec chaque nature de matériaux.

Voici les coefficients employés par la majorité des constructeurs actuels d'appareils de chauffage pour le calcul de la quantité de chaleur perdue P , par heure :



Désignation	Coefficient Q
Murs extérieurs de 0 ^m ,60 d'épaisseur . .	1,5
" 0 ^m ,45 " . .	1,8
" 0 ^m ,25 (1 brique de 22).	2,2
" 0 ^m ,14 (1 brique de 11).	2,5 à 2,6
" 0 ^m ,08	2,8 à 3,0
Murs mitoyens (inté ^{rs}) de 0 ^m ,50 d'épais. .	0,8
Vitres simples	4,0

Ces coefficients correspondent à une vitesse du vent moyenne ; dans des conditions atmosphériques anormales, ces coefficients deviennent insuffisants, le refroidissement extérieur des parois étant plus considérable. Le degré d'agitation de l'air a surtout une grande influence sur les vitres et, dans le cas d'une grande surface vitrée exposée aux vents froids violents, il faut prendre un coefficient supérieur à 4 ou employer les vitrages doubles qui réduisent la transmission de près de deux tiers. C'est pour cette raison que les doubles fenêtres sont employées dans les pays froids et qu'on établit, même en France, des serres à double vitrage séparés par une petite couche d'air.

Pour les cloisons intérieures, planchers te



plafonds, murs de refend formant séparations avec des locaux plus ou moins froids, la valeur du coefficient Q varie suivant les épaisseurs et l'agitation de l'air entre 0,5 et 1,2. Dans les calculs relatifs à une habitation où toutes les pièces sont chauffées également, on n'a pas à tenir compte des cloisons ou planchers qui sont à la même température de part et d'autre, mais si une cloison sépare d'un escalier ou d'un corridor non chauffé, si le plancher d'une pièce se trouve au-dessus d'un passage non clos, il ne faut pas oublier d'en tenir compte et on doit prendre le coefficient maximum et même plus si le passage est exposé à des courants d'air.

Nous avons dit que, dans la formule donnée, t était la température à l'intérieur de l'habitation et θ , celle extérieure, c'est-à-dire que t représente le nombre de degrés à obtenir d'une façon continue dans l'habitation (ou dans une des pièces de l'habitation) par exemple : 18° , alors que θ est la température extérieure la plus basse pour laquelle les 18° doivent être tout de même obtenus à l'intérieur.

Si $\theta = - 5^\circ$, l'écart est :

$$(t - \theta) = 23^\circ.$$



Mais aussi si une pièce chauffée à 18° est séparée d'un local chauffé seulement à 10° par exemple, l'écart est :

$$(t - \theta) = + 8^{\circ};$$

si ce local contigu n'est pas chauffé du tout, on doit donner à θ une valeur approximative + 5°, 0° ou même - 5°, suivant qu'il se maintient ou non à une température supérieure à la température extérieure.

Il faut observer qu'à surface égale la perte de calories est plus faible pour un plancher que pour un plafond ; le coefficient à prendre entre les limites de 0,5 et 1,2 pour le calcul de déperdition d'un plancher doit être plus petit que celui pris pour un plafond, les autres conditions étant égales.

Pertes par le sol. — Le sol d'une pièce habitée peut être établi sur un terre-plein sec sans qu'il y ait de plancher hourdé avec circulation d'air en dessous ; dans ce cas, on fait le calcul comme s'il s'agissait d'un mur de 25 en briques et on prend la moitié de la valeur de la perte ainsi obtenue.



Pertes par le renouvellement de l'air. — Par mètre cube d'air renouvelé, on compte que la perte de chaleur est de 0,3 calorie par degré, c'est-à-dire que cette perte est égale à :

$$V(t - \theta) 0,3$$

V étant le volume d'air renouvelé en mètres cubes.

Dans une habitation, la ventilation est naturelle presque toujours, c'est-à-dire que le renouvellement de l'air se fait seul, par les fissures des portes et des fenêtres ou par les cheminées, sans le secours d'aucun organe mécanique. — On peut compter qu'il ne se renouvelle que la moitié du cube des pièces par heure (en moyenne jour et nuit) mais il est préférable de considérer que le volume entier est renouvelé en une heure surtout pour les pièces de petites dimensions et lorsqu'il y a des cheminées, ou des évacuations d'air chaud ; s'il y a des appareils de ventilation artificielle, on connaît, par leur puissance, la quantité d'air renouvelé par heure, mais disons en passant que la ventilation artificielle n'est presque jamais appliquée dans l'habitation proprement dite, où le nombre des personnes qui y respirent n'est pas assez grand pour la nécessiter.



Tableau de calcul des déperditions. — Pour calculer rapidement les déperditions, on commence par relever sur place la dimension des pièces à chauffer, des portes, cloisons, vitrages ainsi que la hauteur sous plafond. Si on possède un plan exact et à l'échelle de l'habitation cela vaut encore mieux, car il n'est pas alors nécessaire de relever les parties des parois mitoyennes, adossées ou non à d'autres constructions, le plan donnant toutes ces indications ainsi que l'affectation des pièces. On dispose alors un tableau analogue à celui de la page suivante sur lequel est indiqué pour chaque pièce un numéro d'ordre répété sur le plan.

La nombre total des calories perdues par heure, obtenu par l'addition des calories totales de chaque pièce, permet de déterminer la puissance du calorifère qui devra les restituer.

On ne peut pas se contenter de calculer le cube des pièces à chauffer et d'en déduire par des données d'expériences la puissance de l'appareil. En effet, les pertes de chaleur ne sont pas fonction du cube mais d'abord des surfaces des parois, de leur épaisseur et de leur nature, puis du renouvellement de l'air. Toutes conditions qui varient d'une maison à une autre. Cependant on peut dire que, pour chauffer une



habitation à Paris, non isolée, à une température moyenne de 17°, il faut de 26 à 30 calories par mètre cube chauffé. Ces chiffres ne sont qu'une indication qui peut servir pour un calcul rapide approximatif mais non pour un calcul définitif.



CHAPITRE III

—

TRANSPORT DE LA CHALEUR

Air. Eau. Vapeur

La chaleur produite par le foyer d'un calorifère en un point unique de l'habitation doit être transportée jusqu'aux pièces à chauffer. Les véhicules de chaleur employés dans les calorifères sont l'air, l'eau et la vapeur d'eau, qui donnent leur nom aux trois systèmes généraux de calorifère que nous allons examiner successivement.

Voici tout d'abord les avantages et les inconvénients de chacun de ces trois systèmes.

Air. — Il se chauffe dans des appareils très simples et peu coûteux. Il est transporté par simple différence de densité dans des conduits faciles à construire et à entretenir par la plupart des ouvriers fumistes. Il convient au chauffage



des grandes pièces : escaliers, halls, vestibules, etc.

Il ne convient pas au chauffage des chambres à coucher, parce qu'il n'est pas hygiénique : soit parce qu'il donne, lorsqu'il est surchauffé, de l'air trop chaud et trop sec ; soit parce qu'il peut donner des émanations d'oxyde de carbone lorsque le foyer est en mauvais état. Pour des raisons analogues, il ne convient pas aux serres ou jardins d'hiver.

Étant donné le faible poids de l'air, il en faut un grand volume pour absorber une quantité appréciable de chaleur. Le foyer et ses annexes immédiates sont donc assez volumineux et les conduits de circulation sont de grandes sections, ce qui ne permet aisément l'installation d'un calorifère à air chaud que pendant la construction de la maison.

Les frottements contre les surfaces des conduits sont tels que l'air chaud ne peut se transporter à plus de 12 à 15 mètres du foyer, même s'il est très chaud et à condition que l'inclinaison des conduits soit très accusée ; si cette inclinaison est trop faible, l'air ne peut être conduit à plus de dix mètres, surtout s'il y a des coudes. En un mot, le calorifère à air a un petit rayon d'action et, dans un immeuble de grande surface,



il faut installer plusieurs foyers convenablement répartis.

Eau. — L'eau est employée comme véhicule de chaleur à l'état liquide ; grâce à sa chaleur spécifique élevée, égale à 1, elle emmagasine sous un faible poids une grande quantité de chaleur qu'elle a la propriété de restituer lentement. Dans les calorifères, l'eau est employée sans pression, à une température voisine de 100°, ou bien à une pression élevée. Dans le premier cas, il faut une grande quantité d'eau en circulation et des conduites de grand diamètre ; dans le second cas, le diamètre des conduites est considérablement réduit et la quantité d'eau en circulation bien plus faible.

Les calorifères à eau sont peu réglables, ils sont très hygiéniques et permettent de chauffer dans un rayon beaucoup plus grand qu'avec l'air.

Ils peuvent être montés dans une maison déjà construite, permettent des installations à niveau, c'est-à-dire dans lesquelles la chaudière est au même niveau que les pièces à chauffer, ce qui est impossible avec l'air chaud ou la vapeur. Leurs organes peuvent être réparés par des ouvriers chaudronniers ou plombiers non spéciaux.



Vapeur. — Grâce à la chaleur latente de vaporisation de l'eau, qui est de 530 calories environ, la vapeur à égalité de température contient beaucoup plus de calories que l'eau et cette propriété la fait avantageusement employer pour la distribution de la chaleur à une grande distance de la chaudière du calorifère. La vapeur est le plus économique des véhicules de chaleur. Les chaudières à très basse pression (80 à 150 grammes par centimètre carré) qui la produisent tiennent peu de place, les tuyauteries qui la font circuler sont de faibles diamètres et peuvent être facilement montées dans les immeubles déjà habités. La vapeur a un grand rayon d'action, donne un chauffage très hygiénique et, de plus, très réglable.

Par contre, l'installation en est coûteuse parce qu'elle comporte des organes délicats et un montage qui exige des précautions nombreuses. La conduite d'un calorifère à vapeur est facile, mais son entretien demande plus de soins que les systèmes à air ou à eau et les réparations ne peuvent être faites que par des ouvriers spéciaux, ou tout au moins connaissant bien le travail des tuyauteries de vapeur pour machines.

Le chauffage par la vapeur est celui qui convient le mieux aux chambres à coucher où la



température doit être maintenue constante sans dépasser 16 ou 18° au maximum quel que soit le froid extérieur. C'est le système à préconiser dans les grandes villes, parce qu'il est simple et économique surtout pour les chauffages importants. Avant de l'installer loin d'une ville, il faut s'inquiéter de la possibilité de faire les réparations et l'entretien facilement.



CHAPITRE IV

CALORIFÈRES A AIR CHAUD

Dispositions communes à tous les systèmes. — Un calorifère à air chaud se compose toujours, dans tous les systèmes :

1° D'un foyer et des appareils annexes autour duquel l'air pris à l'extérieur vient se chauffer ;

2° D'un conduit qui amène l'air frais du dehors à ces appareils ;

3° Des conduits qui permettent à l'air chaud de se distribuer dans les diverses pièces de l'habitation. Ces conduits peuvent être fermés ou ouverts, de ces pièces mêmes, au moyen de *bouches* de chaleur ; ils peuvent être aussi isolés les uns des autres au moyen de registres placés à leur origine. On peut obtenir, avec ces bouches et registres, un réglage du chauffage, mais dans une très faible mesure.

Dans ces calorifères, le chauffage s'effectue



par mélange; la densité de l'air chaud étant plus faible que celle de l'air des pièces à chauffer, il sort des conduits par les bouches ouvertes et se mélange à l'air de la pièce dont il élève la température.

Calcul du foyer et des appareils de chauffage. — Ceux-ci doivent être assez puissants pour fournir le nombre de calories de déperdition qui a été calculé, augmenté des calories perdues pendant le parcours de l'air jusqu'aux bouches de chaleur. En pratique, comme il serait trop long de calculer les pertes par transmission de chaleur à travers les parois, on augmente le nombre total de calories à fournir de 30 % pour les petites installations et 10 % pour les grandes.

Suivant le système de foyer adopté, on compte brûler par heure 35 kilogrammes de houille par mètre carré de grille si l'allure du feu doit rester lente, ou 40 à 45 kilogrammes si l'allure est vive, et on admet qu'un calorifère bien construit utilise 60 % environ de la puissance calorifique de la houille.

Cloche et ses annexes. — Ces chiffres permettent de déterminer la quantité de houille à



brûler, la surface à donner à la grille, et les dimensions de la cloche du foyer, c'est-à-dire de la partie du foyer qui est exposée directement au rayonnement et au contact des flammes. Cette cloche, qui forme une surface directe de chauffe pour l'air, est complétée par des appareils en tôle, fonte ou maçonnerie qui fournissent la surface de chauffe nécessaire à la bonne utilisation des calories; c'est la surface indirecte formée de conduits dans lesquels circulent les gaz chauds sortant de la cloche, avant de se rendre à la cheminée d'évacuation, où ils doivent arriver à une température de 200 degrés environ pour que le tirage soit assuré.

La quantité de calories transmise par la cloche et les appareils annexes est loin d'être la même dans tous les calorifères, mais on compte en moyenne une transmission de 3 000 calories par heure et par mètre carré de surface de chauffe directe ou indirecte sans distinction, si on admet que la cloche puisse rougir sans inconvénient.

Si, au contraire, l'allure doit rester lente, pour ne pas porter au rouge la cloche, la transmission horaire est voisine de 2 200 calories.

En effet, dans un calorifère dont l'allure est modérée, c'est-à-dire dont la cloche ne rougit



pas, la température moyenne de l'ensemble de la surface de chauffe est de 400° . L'air supposé pris à 0° est chauffé à 60° , sa température moyenne est de 30° , d'où un écart de température de

$$400 - 30 = 370^{\circ}.$$

La pratique a indiqué qu'on ne pouvait compter que sur une transmission de 6 calories par degré d'écart, par mètre carré et par heure, soit

$$370^{\circ} \times 6 = 2\,220 \text{ calories}$$

pour l'écart total.

Si l'immeuble demande par heure 50 000 calories pour être chauffé, la surface totale S à donner aux appareils sera :

$$S = \frac{50\,000}{2\,220} = 22^{\text{m}^2},5.$$

La surface de la cloche ayant été déterminée par les dimensions mêmes de la grille et la hauteur disponible, la surface indirecte, c'est-à-dire des appareils annexes de la cloche, est donnée par différence.



On ne peut pas dire exactement quelle surface de chauffe correspond à 1 000 mètres cubes chauffés puisque la déperdition de chaleur varie avec chaque habitation et n'est pas fonction du cube, mais on peut dire que, pour chauffer ces 1 000 mètres cubes, il faut de 10 à 13 mètres carrés de surface de chauffe, sous le climat de Paris, avec un calorifère à allure modérée et une ventilation naturelle du bâtiment. Avec un calorifère poussé au rouge, il ne faut plus que 8 mètres carrés environ.

Conduit d'air frais. — L'air frais est amené de l'extérieur de l'immeuble par un large conduit jusqu'à la partie inférieure de la chambre. Ce conduit doit avoir une section totale égale à 1,25 fois la somme de toutes les sections des conduits de distribution d'air chaud. La prise d'air extérieure origine de ce conduit doit être établie avec soin et remplir les conditions suivantes :

Ne pas être exposée au soleil, être placée à un endroit où ni les poussières, ni des émanations quelconques ne puissent être recueillies par l'appel d'air ; être fermée par une large grille doublée d'une toile métallique facilement nettoyable.



Cette prise étant faite généralement au niveau du sol, la première partie du conduit est verticale pour rejoindre le sol de la cave, l'autre partie étant horizontale (et généralement souterraine) pour aboutir à la chambre du calorifère. La partie verticale doit être convenablement disposée pour permettre aux poussières entraînées de se déposer dans une chambre facilement visitable et nettoyable. Elle doit pouvoir être de plus fermée par un registre pendant la saison où le calorifère est inutilisé. Ce conduit se fait en briques avec supports ou armatures en fer à T ou cornières, sauf dans les parties souterraines où le conduit doit être voûté.

Dans le cas où le calorifère est installé dans un sous-sol très sain et bien aéré, on peut se dispenser d'établir un conduit et la prise d'air se fait directement dans le sous-sol.

Dans certains cas, s'il n'est pas possible de faire une prise d'air sans poussières, on fait arriver l'air dans une chambre précédant le calorifère, et où sont disposés des châssis garnis d'étoffes filtrantes au travers desquels l'air en passant se débarrasse de ses impuretés. On atténue ainsi l'odeur désagréable qui résulte du grillage des poussières au contact de la cloche.



Conduits d'air chaud. — L'air en s'échauffant dans la chambre du calorifère monte à la partie supérieure de celle-ci où il s'engage dans les conduits qui doivent le mener jusqu'aux bouches de sortie. La section à donner à ces conduits est variable suivant : la quantité de chaleur à transporter, la longueur des conduits et la hauteur de l'immeuble, le nombre et l'importance des conduits.

1 mètre cube d'air en se refroidissant de 1° abandonne 0,307 calories. On peut donc calculer la quantité d'air nécessaire à chaque pièce si on admet que la température de l'air chaud est de 60 à 70° ; il ne faut pas dépasser, en effet, cette température pour éviter de multiples inconvénients : air trop sec, poussières brûlées, dessiccation des meubles et des tentures.

Chaque mètre cube d'air à 65° fournira donc

$$(65^\circ - t) 0,307 \text{ calories,}$$

t étant la température de la pièce à chauffer.

Si celle-ci, par exemple, exige 3 000 calories par heure, le volume d'air à émettre sera :

$$V = \frac{3\,000}{(65 - t) 0,307}$$



Pour calculer les sections des conduits d'air chaud, il faut déterminer la vitesse d'écoulement de celui-ci, laquelle dépend de la différence de poids entre la colonne d'air chaud et la colonne d'air extérieure, sur la hauteur qui existe entre le bas du calorifère et la bouche de chaleur dans l'appartement.

On adopte généralement les vitesses suivantes pour des hauteurs d'étages de 3 mètres environ :

Rez-de chaussée (en moyenne)	. . .	1 ^m ,30
Premier étage	" . . .	1, 50
Deuxième "	" . . .	1, 75
Troisième "	" . . .	2, 00
Quatrième "	" . . .	2, 25

Avec ces vitesses on calcule la section des conduits d'air chaud dans les parties verticales. S'il y a des parties peu inclinées ou presque horizontales, comme c'est le cas des conduits qui desservent des bouches isolées, on doit augmenter la section pour diminuer la vitesse jusqu'à 0^m,75 et même 0^m,50.

On doit donner une inclinaison ascendante aux conduits, au départ du calorifère, qui ne doit pas être inférieure à 3 ou 4 centimètres par mètre, et on doit autant que possible éviter les changements brusques de direction.



Bouches de chaleur. — Il est nécessaire au début de l'étude d'un calorifère de déterminer la place des bouches de sortie de chaleur dans chaque pièce. Le parcours des conduits de chaleur dépend, en effet, du choix de cette place. Une bouche de chaleur doit être placée à l'opposé des cheminées ou des orifices de ventilation, elle doit être dans un angle de pièce ou dans un endroit qui ne sera pas occupé forcément par un meuble.

Les bouches doivent être munies de fermeture et celles à soufflet sont préférables parce qu'elles empêchent l'air chaud de frapper les murs et de les salir. Elles peuvent être placées en parquet ou en plinthe.



CHAPITRE V

DESCRIPTION DE QUELQUES SYSTÈMES DE CALORIFÈRES A AIR CHAUD

Calorifère à cloche. — Le calorifère à air chaud qui a été le seul employé pendant de longues années est le calorifère à cloche en fonte. Le foyer était fondu, d'une seule pièce en forme de cloche qui venait se placer comme un couvercle sur la grille, ou était combiné avec cette grille (*fig. 1*). Une ouverture servait au chargement du combustible, une autre ouverture à l'arrière conduisait les flammes et les fumées dans la surface de chauffe annexe dont nous avons déjà parlé. Celle-ci était constituée au moyen de tuyaux en tôle ou fonte à simples emboitements.

Ce système, qui a été employé par tous les constructeurs, est de plus en plus abandonné, bien qu'il soit très bon marché, à cause des dangers que présentent les emboitements qui ne



sont pas étanches et laissent passer les produits

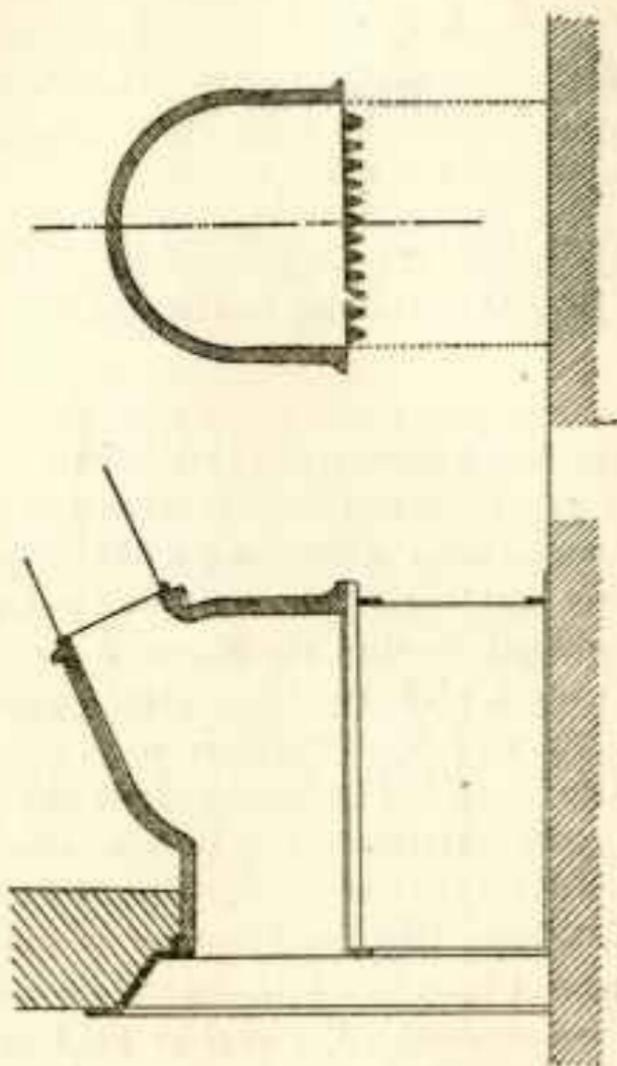


Fig. 1. — Cloche ordinaire de calorifère (coupe longitudinale et coupe transversale).

de la combustion ; d'autre part, à cause du peu de durée de la cloche, qui se fend au bout de peu



de temps d'usage et même quelquefois au premier allumage si le feu est poussé. Lorsque la cloche rougit, l'appareil devient insalubre et même dangereux, aussi est-il absolument condamné par les hygiénistes et les architectes soigneux.

Le système à cloche ne comporte aucune réserve de combustible et la grille doit être rechargée fréquemment, et les perfectionnements cherchés par les divers constructeurs ont porté, non-seulement sur la construction de la cloche même, mais encore sur le mode de chargement.

Calorifère semi-continu de Leroy et C^{ie}.

— Ce calorifère est disposé pour brûler du coke ou de l'anthracite, il peut être chargé d'une façon intermittente ou recevoir du combustible pour plusieurs heures. Il est en fonte à nervures en ce qui concerne le foyer proprement dit, en tôle en ce qui concerne la surface de chauffe.

Calorifère Nessi frères. — Ces constructeurs établissent une cloche en fonte avec garniture intérieure réfractaire autour du foyer proprement dit. Cette garniture a pour but d'empêcher l'air qui se chauffe par contact autour de la cloche d'être élevé à une température trop



haute, et aussi d'augmenter la durée de la cloche. La partie supérieure est à nervures pour augmenter le refroidissement et, par suite, le ren-

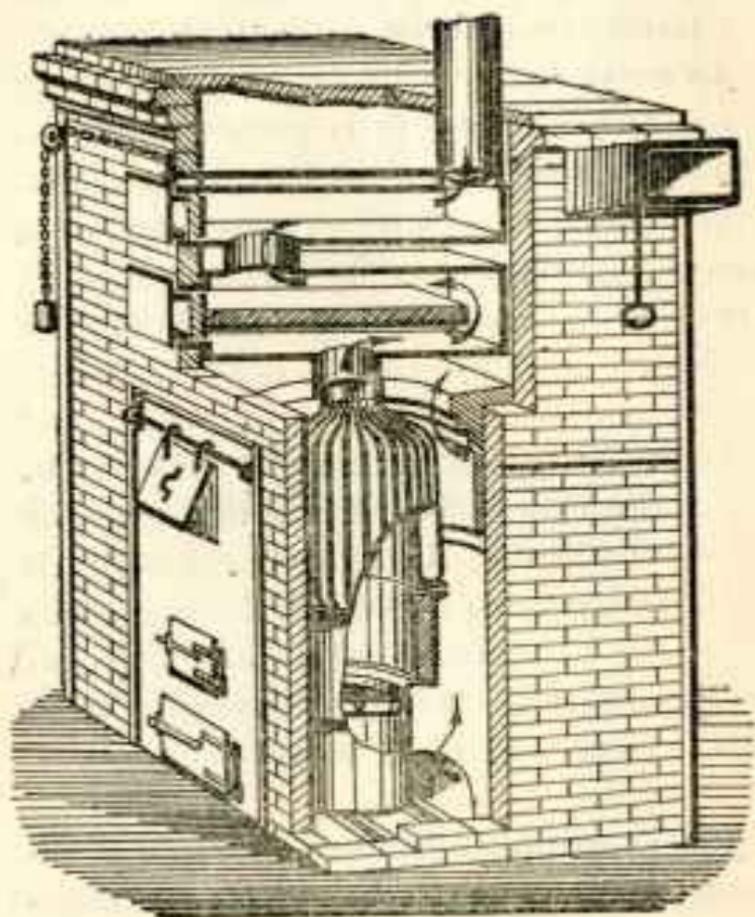


Fig. 2. — Calorifère Nessi à cloche perfectionnée.

dement de la cloche (fig. 2). L'appareil forme lui-même magasin de combustible et le charge-



ment se fait non seulement par la porte du foyer mais aussi par une porte *ad hoc* placée à la partie supérieure de la plaque de devanture. La grille est mobile et peut être secouée pendant la marche de l'appareil et de l'extérieur, elle peut encore se tirer en avant pour permettre de vider complètement la cloche par le cendrier pour son extinction ou son nettoyage.

L'appareil est vertical et communique à sa partie supérieure avec des tuyaux en fonte qui forment la surface de chauffe complémentaire.

Le premier tuyau est séparé en deux, en forme de chicane, par une dalle réfractaire ayant pour but de protéger la partie métallique du contact direct des produits de la combustion et de les forcer à se développer entièrement contre les parois intérieures du tuyau.

Calorifère à cône de Bøeringer. — Ce constructeur a supprimé le foyer en fonte et l'a remplacé par un foyer en tôle garni de matériaux réfractaires. Immédiatement au-dessus de la grille est disposée une trémie de chargement construite comme le foyer et qui fournit à la grille le combustible nécessaire au fur et à mesure de la consommation. Le combustible descend sur cette grille en formant un *cône* d'où le



nom donné à l'appareil. Ce cône peut être interrompu pour permettre le décrassage de la grille en glissant sous le fond de la trémie une sorte de volet obturateur.

Au fond du foyer et au-dessus de l'autel d'une forme appropriée est placée une boîte en fonte qui reçoit les gaz de la combustion et les distribue à droite et à gauche dans des tuyaux en fonte ou en tôle, disposés en serpentins, qui forment la surface de chauffe et qui se réunissent à la partie supérieure avant l'entrée dans la cheminée. Le réglage du feu s'obtient en faisant varier la quantité d'air admise par des guichets ménagés dans les portes du foyer et du cendrier.

Ce calorifère permet de brûler des charbons en petits fragments (grains ou têtes de moineaux de houille maigre ou coke).

Calorifère Drevet et Lebigre. — MM. Drevet et Lebigre construisent un calorifère (*fig. 3*) qui présente des analogies avec le précédent et brûle les mêmes combustibles. Le foyer et la trémie de chargement sont également en réfractaire. Le départ des fumées se fait à droite et à gauche du foyer contre l'autel pour passer dans les tuyaux de chauffe en fonte à ailettes avec



jointés à brides et à garniture d'amiante. L'air nécessaire à la combustion n'arrive pas sous la grille, il entre par la porte du foyer au-dessus de celle-ci et est envoyé sur la couche mince de

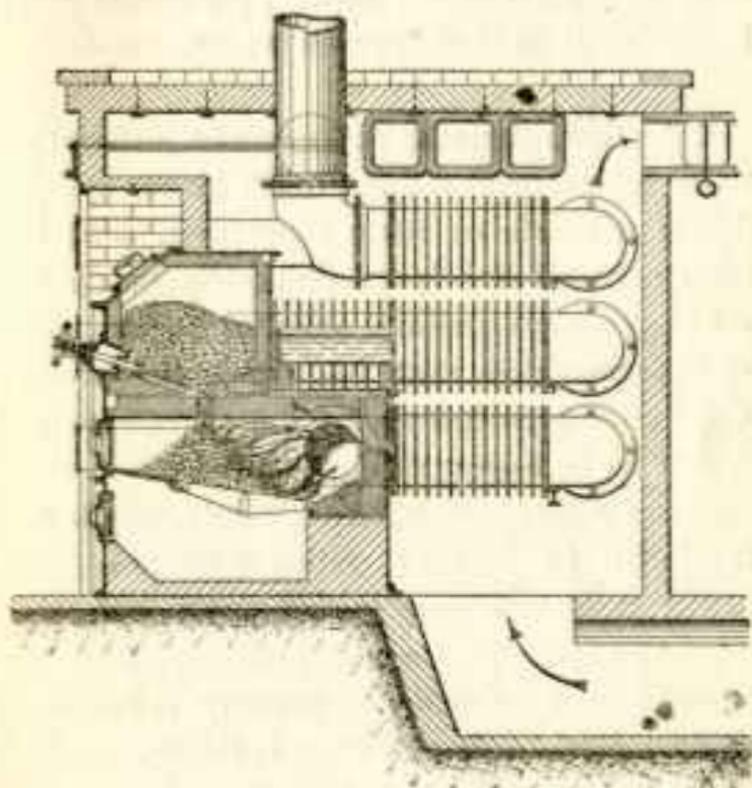


Fig. 2. — Calorifère Dreyet et Labigne brûlant les grains de houille maigre, (pompe transversale par le foyer).

combustible qui se forme sur la grille à la descente de la trémie. Cette disposition a pour but d'éviter la formation de mâchefer sur la grille.



Le fond de la trémie est muni d'une plaque d'arrêt mobile, pouvant être manœuvrée de l'extérieur au moyen d'un volant. Grâce à cette plaque, on peut arrêter le chargement du foyer, lorsque, par les temps doux ou pendant la nuit la continuité du chauffage est inutile.

Calorifère Geneste et Herscher. — Ce calorifère est composé d'une grande cloche cylindrique verticale en fonte à nervures, dont le foyer est garni de briques réfractaires. La cloche est en plusieurs sections, appelées bagues, qui se superposent et dont les joints sont formés d'une rainure profonde garnie de sable et, suivant le nombre de bagues ainsi placées, on fait varier, avec une même section, la surface de chauffe de la cloche. La dernière section n'est plus une bague mais une coupole, prolongée par des coudes en fonte qui amènent les fumées dans un appareil dit hémicycloïdal, parce qu'il est disposé en demi-cercle autour de la cloche, dans la chambre de chauffe. Cet appareil, également en fonte, muni d'ailettes, est composé de plusieurs éléments semblables dont la hauteur correspond au nombre de rangs de la cloche. Les fumées circulent au moyen de cloisons en chicanes d'un bout à l'autre de l'appareil hémicycloïdal et se



rendent à la cheminée. L'air frais arrive également sous la cloche et sous l'appareil et se chauffe en montant le long des parois à ailettes. L'appareil de MM. Geneste et Herscher, qui a reçu un grand nombre d'applications, a de grands avantages, notamment ceux de présenter une très grande surface dans un petit espace, de donner de l'air à une température modérée et d'assurer l'étanchéité des joints qui se dilatent librement.

Calorifère Grouvelle. — M. Grouvelle emploie aussi des surfaces de chauffe formées de tuyaux à nervures ou à lames disposés verticalement et dont le rendement est très bon parce que le chauffage de l'air est méthodique.

Le foyer est une grande chambre rectangulaire et voûtée garnie entièrement de briques réfractaires. Il est à chargement continu, c'est-à-dire que, au dessus et en avant de la grille, est disposée une sorte de trémie de chargement très inclinée qui contient une réserve de combustible qui glisse sur la grille de combustion par son propre poids.

A la voûte du foyer se trouve une tubulure en fonte, en forme de T, communiquant à droite et à gauche avec deux ou plusieurs tuyaux en fonte à lames qui conduisent, en les refroidis-



sant, les gaz jusqu'à la cheminée dont le départ

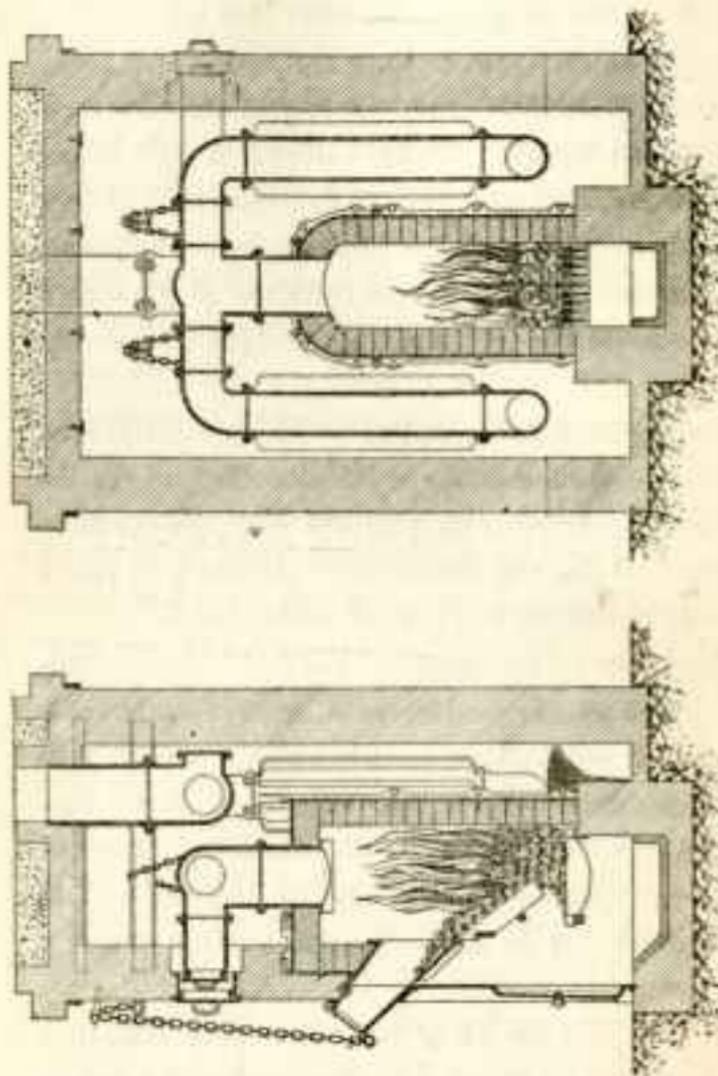


Fig. 4. — Calorifère Gruauville à tuyaux verticaux.

est à la partie supérieure de la chambre de chauffe (fig. 4). Dans les appareils de forte puis-



sance, les gaz, au sortir du foyer, s'engagent dans un collecteur qui les distribue à droite et à gauche de son parcours dans les tuyaux à lames qui se réunissent dans un collecteur inférieur aboutissant à des carneaux placés dans le bas de la chambre de chauffe. L'air arrivant en dessous monte le long des lames, enveloppant d'abord le collecteur le moins chaud pour être en contact dans le haut avec le collecteur le plus chaud. Les collecteurs et communications sont prolongés jusqu'aux façades de la chambre et fermés par des tampons servant au ramonage.

M. Grouvelle construit aussi un calorifère à circulation horizontale avec tuyaux à ailettes circulaires, dans lequel le chauffage est méthodique.

Tous les joints des collecteurs de ces calorifères et ceux des tuyaux horizontaux ou verticaux sont boulonnés avec garniture dans le joint (*fig. 5*), formée d'un mélange de terre à four et de limaille de fonte.

De plus, dans le type à tuyaux verticaux, ceux-ci ne sont pas fixés sur des supports : tout l'ensemble, tuyaux et collecteurs, est suspendu au moyen de chaînes à des fers en I supportés par les murs de l'enveloppe du calorifère. Cette suspension permet une dilatation absolument libre



dans tous les sens, condition essentielle pour

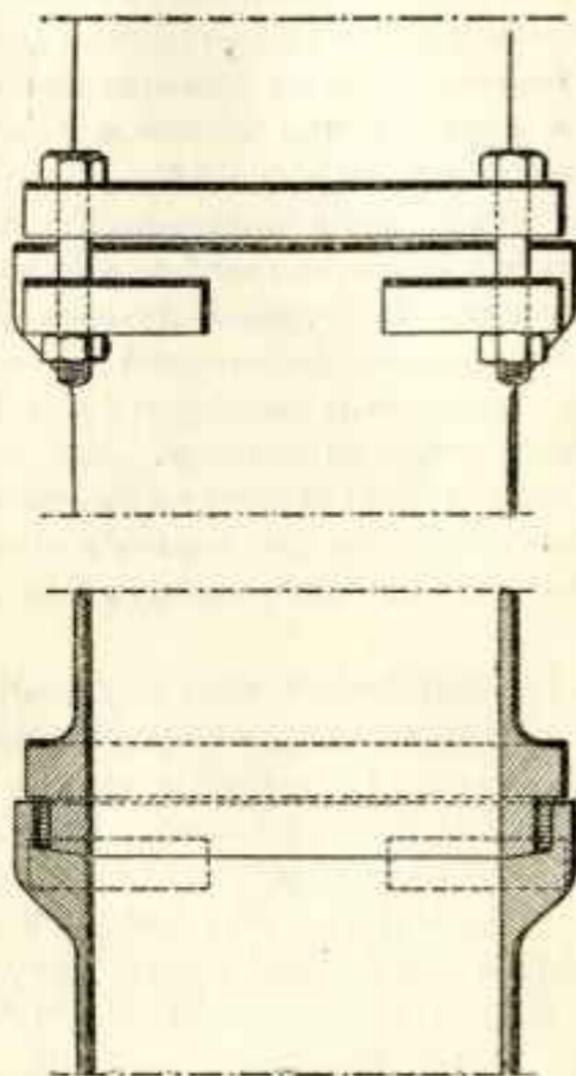


Fig. 5. — Joint de tuyaux dans le calorifère Gravelle.

assurer la bonne étanchéité des joints.



Calorifère Besson. — A l'inverse des appareils que nous venons de décrire et dans lesquels les gaz chauds sont conduits et l'air enveloppe la surface de chauffe, le système Besson comporte le passage de l'air à chauffer dans des tubes verticaux traversant un coffre à l'intérieur duquel les gaz chauds enveloppent ces tubes. Le foyer est à chargement continu et contre lui est disposé le coffre des gaz, qui y entrent à la partie supérieure pour en sortir à l'opposé et en bas, avant de se rendre à la cheminée. L'air frais non seulement passe dans les tubes mais enveloppe le coffre. Dans cet appareil, le chauffage est méthodique et l'encombrement dans le sens de la hauteur est réduit au minimum.

Calorifère Michel Perret. — Ce calorifère utilise les combustibles pulvérulents : fines de houille, poussier de coke, suies de locomotives, qui sont d'un prix très peu élevé. Il n'est pratique que lorsque le chauffage doit être absolument continu car il ne se charge que toutes les 12 ou 24 heures, sans qu'il soit possible d'arrêter et de reprendre son fonctionnement entre les heures de chargement.

Ce calorifère est aussi appelé à dalles, à étages ou à dalles perforées. Il est construit avec des



variantes par divers constructeurs, mais son principe est toujours le même.

S'il s'agit de dalles simples, celles-ci légèrement voûtées sont disposées, les unes au-dessus des autres, alternativement interrompues du côté de la façade et du côté du fond, de manière à former une circulation en chicanes. Le combustible est disposé sur les dalles réfractaires et l'air pris dans le bas passe successivement dans les chicanes, et entre les dalles, et produit la combustion. Ces gaz chauds sont ensuite utilisés dans des surfaces de chauffe en serpentins. Le combustible est toujours chargé sur la dalle supérieure et on le fait tomber sur les dalles successives, au moyen d'un ringard, jusqu'à la dalle inférieure où il n'y a plus que des cendres. Cette opération étant assez pénible, les dalles pleines ont été remplacées, soit par des prismes triangulaires, soit par des dalles perforées qui permettent au combustible de tomber de lui-même d'étage en étage en formant de petits cônes. Les cendres étant retirées par le bas, tous les cônes descendent et se reforment en haut par le rechargement à l'étage supérieur.

Saturateur ou humidificateur. — Dans tous les systèmes de calorifères à air chaud cons-



truits actuellement, et notamment dans ceux que nous avons décrits, on ajoute une bûche à eau, appelée saturateur, placée sur le courant d'air dans la chambre de chauffe. Cette eau fournit à l'air l'humidité qui lui a été enlevée, par son passage sur les surfaces de chauffe. On corrige ainsi dans une certaine mesure un des inconvénients principaux des calorifères à air chaud.

Nous ne pouvons décrire ici tous les systèmes de calorifères employés couramment. Tous sont construits sur les mêmes principes et différent, soit par la disposition des foyers, soit par la construction des surfaces de chauffe. Ceux que nous avons décrits sont parmi les plus simples et les plus pratiques.



CHAPITRE VI

CHAUFFAGE PAR L'EAU CHAUDE

On réserve généralement le mot *calorifère* pour désigner les appareils à air chaud que nous venons d'examiner. Si le véhicule de chaleur employé est l'eau ou la vapeur, on dit que l'habitation est munie d'un *chauffage par l'eau chaude ou par la vapeur*.

CONDITIONS D'INSTALLATION

Nous avons précédemment dit que les avantages principaux de l'eau chaude étaient de donner un chauffage économique, très doux, très hygiénique, d'un assez grand rayon d'action, avec des appareils durables. Nous verrons que ce chauffage est peu réglable, du moins dans beaucoup de cas.



Une installation courante de chauffage par l'eau se compose, dans une habitation, des appareils suivants :

1° Une chaudière à eau placée au point le plus bas, généralement cave ou sous sol ;

2° Un vase d'expansion placé au point le plus haut et destiné à recevoir l'augmentation de volume de l'eau due à l'élévation de température ;

3° De surfaces de chauffe placées dans les pièces à chauffer.

4° Une canalisation reliant directement la chaudière et le vase d'expansion, d'une part, et, d'autre part, celui-ci avec la chaudière en passant par toutes les surfaces. Cette canalisation de retour est composée d'une ou plusieurs colonnes, suivant le nombre des surfaces de chauffe et leurs positions relatives.

Poêles. Radiateurs. — Ces surfaces sont constituées soit par des tuyaux à ailettes, soit par des tuyaux lisses, soit par des radiateurs. Les tuyaux à ailettes ou lisses sont enveloppés d'un coffre en tôle avec prise d'air frais dans le bas, sortie d'air chauffé dans le haut et constituent des *poêles* dans lesquels l'air se chauffe par circulation dans le coffre autour des tuyaux.



Les radiateurs sont, au contraire, construits pour chauffer par rayonnement se ul etne doivent pas être enveloppés. Les poêles et les radiateurs peuvent être munis de robinets pour le réglage de chauffage à condition que la canalisation générale soit établie de telle façon que la fermeture d'un robinet n'arrête pas la circulation dans les autres appareils.

Hydro-calorifères. — Dans certains systèmes, les surfaces de chauffe ne sont pas placées dans les pièces mêmes, mais elles sont réparties dans le sous-sol de l'immeuble, à des endroits convenablement choisis, pour recevoir de l'air frais extérieur, le chauffer à la manière d'un calorifère à air, et l'envoyer par des conduits verticaux dans les pièces à chauffer. Ces appareils s'appellent des hydro-calorifères.

S'ils ont sur la première disposition, par poêles et radiateurs, l'immense avantage de supprimer une longue tuyauterie à travers l'immeuble et les dangers de la rupture d'un joint, les hydro-calorifères ont l'inconvénient d'encombrer le sous-sol et de le chauffer un peu, quelles que soient les précautions prises pour empêcher la transmission de la chaleur à travers les parois de la chambre qui les entoure ;



d'être, en conséquence, d'un moins bon rendement, puisqu'il y a perte de calories au sous-sol et dans les conduits d'air chaud. Enfin, comme pour les calorifères, il faut prévoir les conduits d'air allant aux étages avant la construction de l'immeuble, et l'air ainsi chauffé se transporte encore bien moins loin dans le sens horizontal que dans les calorifères à air chaud; il faut n'installer pour ainsi dire que des conduits verticaux ou presque, et en tous cas sans coudes brusques.

Système mixte. — Très souvent, on emploie, pour partager les inconvénients et profiter des avantages respectifs des deux dispositions, des poêles et radiateurs dans les étages ou aux endroits inaccessibles aux conduits d'air, et des hydro-calorifères pour le rez-de-chaussée ou pour desservir des locaux immédiatement au-dessus d'un endroit où un hydro-calorifère peut être avantageusement installé.

Le réglage de la chaleur avec les hydro-calorifères ne peut être pratiquement obtenu que par la fermeture des bouches de chaleur ou des prises d'air, car l'interposition de robinets d'arrêt est pour ainsi dire impossible, et ces robinets existeraient-ils, que leur position en sous-



sol ferait, pratiquement à elle seule, obstacle à leur manœuvre.

Système d'Hamelin-court-Anceau. —

M. d'Hamelin-court et son successeur Anceau ont disposé leurs tuyauteries de circulation dans l'épaisseur des murs ou dans des gaines adossées aux murs de manière qu'elles constituent elles-mêmes les surfaces chauffant la pièce voisine. Pour avoir la surface de tuyaux nécessaire, la tuyauterie de circulation est, dans la même gaine, composée d'une ou plusieurs colonnes de tuyaux lisses ou de tuyaux à ailettes de forme spéciale et convenablement étudiés. Chaque gaine, entre deux planchers d'étages, constitue une chambre de chauffe dans laquelle l'air frais, pris extérieurement, entre à la partie inférieure pour sortir chaud à la partie supérieure. Ce système, qui ne peut être employé que pendant la construction de la maison, a l'avantage de ventiler les pièces chauffées et d'avoir un meilleur rendement que les hydro-calorifères ; mais il n'est pas réglable, autrement que par la fermeture des bouches de chaleur, réglage très relatif, car si la fermeture d'une bouche arrête la sortie d'air chaud, elle n'empêche pas la transmission de la chaleur à tra-



vers la paroi de la gaine qui contient la tuyauterie.

Volume et pression de l'eau. — Suivant les systèmes, l'eau peut être à grand volume et à basse pression, ou bien à petit volume et à haute pression. Dans le premier cas, la température de l'eau retournant à la chaudière est inférieure à 100°, dans le second cas, la température de l'eau est de 250 à 300° et peut même aller jusqu'à 600°.

Pour éviter les inconvénients des chauffages à grands volumes, tout en conservant la basse pression, on établit de préférence des chauffages à moyen volume. Les dispositions générales sont du reste les mêmes. La vitesse de circulation et les tuyauteries seules sont différentes.

CHAUFFAGE A EAU A BASSE PRESSION

(dit à eau chaude sans pression)

Dans une chaudière A (*fig. 6*), de l'eau est chauffée à une température voisine de 100°, la chaudière est reliée avec le vase d'expansion B, qui est en communication avec l'atmosphère par un simple tube. Un tuyau C, D, E, dit de retour, fait communiquer le vase d'expansion



sion avec le bas de la chaudière en passant par les surfaces de chauffe. La colonne d'eau AB est

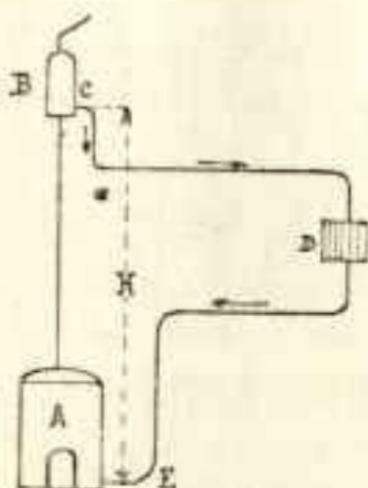


Fig. 6

à une température un peu inférieure à 100° et l'eau contenue dans le tuyau de retour est à une température plus basse, à une moyenne de 60°, non seulement parce qu'elle est plus loin de la chaudière, mais aussi parce que, pendant son parcours, elle se refroidit dans les surfaces de chauffe.

La colonne ascendante la plus chaude a donc une densité plus faible que la colonne de retour, et une circulation s'établit en vertu de la charge, c'est-à-dire de la différence de poids des deux colonnes. La hauteur H de ces colonnes est celle qui existe entre le bas de la chaudière et le point de départ de la tuyauterie de retour.

La vitesse de circulation est donnée par la formule :

$$V = \sqrt{\frac{2 \rho H}{1 + R} \left(1 - \frac{d_1}{d}\right)},$$



dans laquelle H est la hauteur commune des deux colonnes, d , la densité de l'eau dans la colonne de retour, d_1 , celle de l'eau dans la colonne ascendante, R , la résistance due aux coudes, changements de section et frottement dans la canalisation.

Or, dans la colonne de retour, la température est inférieure à 80° , et la densité est très voisine de l'unité puisqu'entre 0 et 80° , cette densité varie d'environ 3 centièmes. On peut donc faire $d = 1$ et on a la formule plus simple :

$$V = \sqrt{\frac{2gH}{1 + R}(d - d_1)}.$$

Les tables de Despretz permettent d'obtenir la différence $(d - d_1)$ et on y voit que le coefficient moyen de dilatation de l'eau entre 60 et 100° est de $0,00065$:

$$d - d_1 = 0,00065 (t_1 - t),$$

t_1 et t étant les températures moyennes dans les deux colonnes entre les températures extrêmes en haut et en bas de ces colonnes.

La vitesse de circulation est donc d'autant plus grande que la différence de densité est plus forte, en conséquence, il faut donner à la cana-



lisation de retour la disposition qui permet le plus grand refroidissement.

La pression motrice P est la valeur de :

$$H (d - d_1).$$

Il faut calculer le diamètre de canalisation de manière que, sous l'action de cette pression, il passe par seconde un poids d'eau chaude suffisant pour fournir la quantité de calories nécessaires au chauffage. Si la vitesse de circulation diminue, il faut donner aux tuyaux un plus gros diamètre.

Supposant la température moyenne de la colonne ascendante de 95° et appelant θ , la température du retour, soit 60° par exemple, chaque litre d'eau passant de 95° à 60° abandonnera

$$95 - 60 = 35 \text{ calories,}$$

Si le chauffage exige 100 calories par seconde (soit à l'heure $100 \times 3600 = 360000$ calories, chiffre obtenu par le calcul des déperditions horaires), il faudra, par seconde, un débit de :

$$\frac{100}{35} = 2^{\text{,}}85$$

soit 3 litres d'eau en chiffres ronds.



Les tables de Prony, relatives à l'écoulement de l'eau dans les tuyaux, indiquent les charges par mètre, capables de donner à l'eau des vitesses variables pour les différents diamètres de tuyaux. Ces tables montrent que, pour un débit de 3 litres à la seconde, les vitesses sont de $0^m,17$ pour une conduite de $0^m,15$ de diamètre ; $0^m,15$ pour 20 centimètres de diamètre ; $0,06$ pour 25 centimètres.

Il est facile de dresser un tableau pour les températures de retour variant entre 60 et 85° , donnant les vitesses à obtenir pour les tuyaux de 15, 20, 25 centimètres de diamètre.

D'autre part, connaissant la longueur que doit avoir la canalisation, les tables de Prony permettent de déterminer, pour les diamètres usuels de tuyaux, les charges totales qui sont nécessaires pour obtenir la vitesse de circulation (charge par mètre multipliée par le nombre de mètres de la canalisation). Connaissant la pression motrice P , on voit à quelle charge totale elle correspond et quel est le diamètre convenable à donner à la canalisation ⁽¹⁾.

(1) Consulter les ouvrages de PICARD. — *Traité de chauffage et ventilation* et de DENVER. — *Fumisterie, chauffage et ventilation*.



Calcul de la chaudière. — Il faut compter qu'un mètre carré de surface de chauffe de la chaudière transmet à l'eau une moyenne de 10 000 calories. On peut, à la rigueur, la place manquant un peu, compter sur 12 000 calories si la chaudière est entièrement enveloppée et si les gaz de la combustion sont bien utilisés par un parcours bien établi.

Le nombre de calories totales à fournir, divisé par 10 000 (ou à la rigueur 12 000), donne la surface de chauffe de la chaudière.

Calcul de la surface des poêles et des radiateurs. — Le rendement d'un poêle ou d'un radiateur est très variable ; il dépend, d'une part, du coefficient de transmission à travers les parois et de la différence de température qui existe entre la température moyenne de l'eau qui les parcourt et celle des pièces de l'habitation.

La surface S de ces appareils se calcule par la formule :

$$S = \frac{C}{Q(T - \theta)}$$

dans laquelle C est le nombre de calories à fournir, Q , le coefficient de transmission, T , la température moyenne de l'eau, θ , la température



de l'air de la pièce. Les formules de Péclet ont permis de calculer le nombre de calories transmises en une heure par mètre carré pour différentes températures de l'air et pour les divers écarts de température. Dans le cas qui nous occupe du chauffage par l'eau sans pression, l'écart de température entre l'eau et l'air ambiant varie entre 50 et 80°. Pour une température de l'air de 18 à 20°, le nombre de calories transmises en une heure par mètre carré est de :

Écart 50°	430 calories environ	
" 60	520	"
" 70	640	"
" 80	750	"

Ces chiffres se rapportent à des tuyaux lisses en fonte et horizontaux d'un diamètre variant entre 5 et 20 centimètres, et chauffant par rayonnement seulement. Il faut les réduire d'un tiers si le poêle formé de tuyaux lisses est enveloppé d'un coffre.

Le rendement des tuyaux à ailettes ou à nervures est plus faible et varie avec la forme, le nombre et l'espacement des ailettes ; on prend généralement pour ces tuyaux la moitié des chiffres ci-dessus. Si ces tuyaux sont enveloppés dans une chambre où circule de l'air, comme



c'est le cas des hydro-calorifères de caves, le rendement varie pour un même tuyau avec la vitesse de circulation de l'air entre les ailettes, la disposition et le nombre des tuyaux.

En résumé, dans un chauffage à eau chaude à basse pression, il faut compter sur les rendements moyens suivants, l'écart étant environ de 60° :

- 500 à 550 calories par mètre carré de tuyaux lisses
- 300 à 350 calories par mètre carré de tuyaux lisses enveloppés.
- 250 à 300 calories par mètre carré de tuyaux à ailettes.
- 150 à 200 calories par mètre carré de tuyaux à ailettes enveloppés.

Si un appareil annulaire est à ailettes extérieurement et lisse intérieurement, il faut distinguer les deux surfaces et appliquer les rendements relatifs à chacune d'elles.

Les radiateurs lisses ou très peu ornementés ont un rendement à peu près égal à celui des tuyaux lisses dans les mêmes conditions, soit environ 500 calories pour 60° d'écart.

Étant donnée la diversité des formes, des dimensions et des dispositions données aux tuyaux à ailettes et aux radiateurs, un constructeur doit



toujours vérifier par l'expérience, si possible, le rendement des appareils qu'il désire employer. Dans le cas de la vapeur, cette vérification se fait très facilement, comme nous le verrons, par la mesure de la quantité vapeur que condense entièrement l'appareil.

Canalisations d'eau chaude. — Les canalisations employées pour l'eau chaude à basse pression sont en fonte pour les chauffages à grand volume et en fer pour ceux à moyen volume, où le diamètre des tuyaux est de 4 à 5 centimètres. Dans les deux cas, la pression supportée est faible ou du moins n'atteint au maximum que deux kilog. environ, s'il s'agit d'une maison haute de 20 mètres, comme le sont les maisons de rapport.

Les tuyaux en fonte sont à brides et à boulons et le joint fait par interposition d'une couronne de filasse enduite d'un mastic au minium ou analogue, comme on le fait pour les tuyautesries de vapeur dans les usines. Ce système de joint est long et ne peut être fait que par un ouvrier qui en ait la pratique. On lui préfère le joint en caoutchouc obtenu avec les tuyaux en fonte du système Petit.

Ces tuyaux sont terminés par des bouts mâle



et femelle. Sur le bout mâle est placée une rondelle en caoutchouc qui est serrée dans un logement ménagé dans le bout femelle et fait joint. Le serrage est obtenu par des pattes réunissant au moyen de broches des oreilles venues de fonte avec les bouts des tuyaux, les trous de ces oreilles et les trous des pattes se correspondent et il suffit pour fixer le joint de passer les broches dans ces trous. Le montage des tuyaux Petit est simple et rapide et demande peu d'apprentissage pour le bien exécuter.

Dans le cas de tuyaux en fer, ceux-ci sont taraudés à leur extrémité et assemblés par des manchons de différents systèmes dont les uns nécessitent une garniture à la céruse ou au mastic, dont les autres ne nécessitent pas de garniture. Presque tous les constructeurs ont, du reste, un système de joints et de montage qui leur est propre. Ces systèmes ne varient que dans leurs détails.

Sur la canalisation de circulation sont branchés les poêles ou les radiateurs, et la façon dont la distribution de l'eau est faite aux différents étages et dans tous les points de l'habitation, varie avec chaque cas et suivant le mode de réglage adopté. (Voir les schémas de distribution dans les ouvrages de Ser et de Picard).



CHAUFFAGE A EAU A HAUTE PRESSION

Le principal inconvénient d'un chauffage à eau sans pression est la nécessité d'avoir un grand volume d'eau chaude en circulation, puisque la température de cette eau ne peut dépasser 100° , le vase d'expansion étant ouvert. Pour élever cette température à plus de 100° , il faut fermer le vase d'expansion, mais aussi, pour ne pas avoir un appareil dangereux en cas d'explosion, il ne faut avoir en circulation qu'un petit volume d'eau.

Un chauffage par l'eau chaude à haute pression, dit aussi chauffage à eau à petit volume, comporte une seule tuyauterie qui peut supporter une pression de 20 kilogrammes par centimètre carré, ce qui correspond à une température de 214° . La chaudière est formée d'un serpent'in de tuyaux semblables à ceux de la circulation, placé dans un fourneau en maçonnerie. Au sortir de ce fourneau, la température de l'eau est quelquefois de 300° . La température de tuyauterie au retour de la circulation dans l'habitation est encore de 130° environ, il y a donc une beaucoup plus grande quantité de calories emmagas-



sinées dans un petit volume d'eau ; les tuyauteries sont de très petit diamètre 15, 20 ou 25 millimètres, et les surfaces de chauffage, qui sont alors des poêles formés de tuyaux lisses en serpentins sont peu encombrants. Ce système de chauffage est souple, il permet le réglage de la température dans une mesure bien plus grande qu'avec le chauffage à grand volume.

Pour calculer les poêles, on compte que le rendement par mètre carré est de 1 000 calories environ par heure pour des poêles formés de serpentins lisses ; si, comme dans certains systèmes, ils sont formés de tuyaux à lames, le rendement est d'environ 500 calories seulement par mètre carré. Ces chiffres varient avec la disposition donnée au serpentín du poêle, et si celui-ci chauffe par rayonnement seul ou s'il est entouré d'un coffre en tôle avec circulation d'air. D'autre part, la différence de température étant très grande entre le départ de l'eau du fourneau et son retour, quelquefois plus de 100 degrés, ces rendements doivent être considérés comme un peu trop faibles pour les premiers poêles, et comme trop forts pour ceux placés en fin de circulation. Pour ces derniers, il est bon d'augmenter la surface indiquée par le calcul.



Les tuyaux employés pour l'eau chaude sous pression sont en fer de très petit diamètre, 15 millimètres intérieur et 26 millimètres extérieur pour les très hautes pressions ; quelquefois le diamètre intérieur est de 25 millimètres pour des pressions moyennes.

Sauf certaines dispositions particulières à quelques systèmes, le réglage ne se fait que par la conduite du foyer, il n'y a aucun robinet sur la circulation. Étant donné le très petit volume d'eau en circulation, les variations de température au foyer sont très sensibles et modifient rapidement la température de l'eau dans tout le circuit.

L'assemblage des tuyaux se fait au moyen de manchons en fer taraudés d'un côté à droite, de l'autre côté à gauche, comme les extrémités des tubes du reste. L'extrémité d'un tube est taillée en biseau, l'extrémité de l'autre est plane. L'étanchéité du joint s'obtient par le vissage énergique du manchon qui rapproche les deux extrémités ; la taille en biseau vient s'écraser sur la partie plane en y pénétrant.



CHAPITRE VI

—

DESCRIPTION

DE QUELQUES APPAREILS DE CHAUFFAGE PAR L'EAU CHAUDE

Thermo-siphon. — C'est l'appareil de chauffage à eau le plus simple. Il n'est employé que rarement dans l'habitation, car il exige des tuyaux de grand diamètre, étant donnée, la faible vitesse avec laquelle l'eau y circule. En effet, la pression de circulation n'est donnée que par la hauteur de l'appareil lui-même. L'eau chaude sort par une tubulure placée en haut de la chaudière et y rentre par une tubulure inférieure après avoir circulé dans une canalisation dont le point le plus élevé est précisément le départ de la chaudière. Les chaudières de thermo siphon affectent les formes les plus diverses. Elles sont circulaires ou en fer à cheval, ou coniques avec trémie,



elles sont en cuivre, en fonte ou en tôle soudée. Le thermo-siphon est employé beaucoup dans les serres et jardins d'hiver.

Chauffage de MM. Nessi frères pour les appartements. — Ces constructeurs sont arrivés à installer le chauffage à eau sans pression avec ses dispositions classiques, dans chaque appartement d'une maison de rapport de manière à créer une indépendance complète de chaque locataire et éviter ainsi les inconvénients multiples d'un chauffage unique pour un grand nombre de locataires dont les goûts et les habitudes sont quelquefois absolument opposés.

Pour y arriver, MM. Nessi installent une petite chaudière à combustion lente près du fourneau de la cuisine. Ils placent le vase d'expansion immédiatement au-dessus contre le plafond en lui donnant une forme allongée et plate pour donner le plus de hauteur possible à la colonne ascendante. Si cette hauteur n'est pas suffisante, eu égard à la longueur de la circulation, ils placent le vase d'expansion en dehors de l'appartement en un point convenablement choisi : escalier de service, courette, dégagement à l'étage supérieur, etc.

La tuyauterie qui se rend du vase d'expansion



aux radiateurs placés dans l'appartement passe au plafond convenablement dissimulée, et la tuyauterie de retour passe au plafond de l'étage inférieur à moins qu'il ne soit possible de la faire passer en plinthe contre le plancher en évitant les portes par une disposition en siphon.

Chauffage Anceau. — Nous avons déjà dit que ce constructeur employait le système des hydro-calorifères en caves, et celui de colonnes de tuyaux à ailettes dans des gaines ménagées dans les murs entre deux étages. La chaudière employée par les successeurs de M. Anceau, MM. Pommier et Delaporte pour le chauffage à eau sans pression est une chaudière rivée avec trémie centrale pour le chargement du combustible. Sur la chaudière sont disposés le départ et le retour de la canalisation de grand diamètre avec joints Petit.

Les surfaces de chauffe employées par ces constructeurs pour les maisons de rapport sont tantôt des radiateurs chauffant directement les pièces, tantôt des colonnes, soit encore des batteries en caves, soit la combinaison de ces trois systèmes dans le même immeuble.

Chauffage avec circulateur Reck. — Le circulateur Reck, exploité en France par la mai-



son Hamelle, est un appareil placé sur la colonne ascendante d'une installation de chauffage à eau sans pression. Il reçoit de la vapeur d'une source quelconque et opère le mélange de l'eau et de cette vapeur de manière à produire une émulsion ayant un poids spécifique très petit.

Cette émulsion remplace, dans la colonne, une certaine hauteur d'eau chaude, ce qui a pour but en diminuant le poids de cette colonne d'augmenter la charge du côté de la tuyauterie de retour et d'augmenter la pression de circulation. Il en résulte une augmentation de vitesse qui permet d'employer des tuyaux d'un diamètre plus petit qu'avec une installation ordinaire.

Pratiquement, on n'emploie qu'une seule chaudière pour produire l'eau chaude et la vapeur nécessaire. Cette chaudière est identique à celles employées pour le chauffage à vapeur, elle fournit directement la vapeur au circulateur, et, d'autre part, au moyen d'un réchauffeur tubulaire, elle fournit l'eau chaude de circulation. Le réchauffeur est placé au-dessus de la chaudière, il reçoit le retour de l'eau qui a circulé dans les radiateurs et celle-ci y vient reprendre des calories absolument comme si elle rentrait dans la chaudière.

Le vase d'expansion reçoit le liquide émulsionné.



sionné, mais la vapeur qui s'en dégage est conduite à un condensateur placé autour de la colonne ascendante d'eau chaude qui est à une température plus basse que la vapeur. L'eau ainsi condensée est renvoyée à la chaudière.

Un des avantages de ce système est la possibilité de donner, pour une petite longueur de circulation, une faible hauteur au vase d'expansion. C'est le cas d'un appartement et il est facile d'établir avec lui un chauffage indépendant par étage, soit en plaçant une petite chaudière et un circulateur à chaque étage, soit en ayant une chaudière unique au sous-sol, mais un circulateur Reck à chaque appartement.

La maison Hamelle a étudié pour le chauffage des appartements une chaudière qu'elle appelle « soleil » où elle a combiné la production d'eau chaude, l'émulsion de la colonne ascendante par de la vapeur et le vase d'expansion. Ce dernier n'est qu'à 1 mètre environ au-dessus de la chaudière et est supporté directement par elle. L'ensemble fonctionne sur le même principe que le circulateur Reck, c'est-à-dire qu'il produit une circulation rapide de l'eau qui permet le chauffage d'un petit appartement malgré la très petite hauteur donnée au vase d'expansion.



Disons enfin que le système Reck permet le chauffage de radiateurs placés au-dessous du niveau de la chaudière, c'est le cas qui se présente lorsqu'en plaçant celle-ci au rez-de-chaussée, on désire pouvoir chauffer des pièces au sous-sol.

Chauffage Rouquaud à eau chaude par pulsions. — M. Rouquaud a obtenu aussi une circulation rapide d'eau sans pression qui permet, comme le système Reck, l'emploi d'une petite tuyauterie, le chauffage à niveau ou à des points plus bas que la chaudière. Le principe de ce système consiste dans une circulation d'eau chaude, à 90° environ, obtenue par des chutes répétées et à air libre, d'eau bouillante dont le volume est proportionnel à la surface totale des poêles et radiateurs que cette eau doit alimenter. Ce volume est de plus de 100 litres pour une grande habitation et il n'est que d'un verre d'eau dans le petit appareil qui ne chauffe qu'une seule pièce. Pour qu'il y ait chute d'eau, il est nécessaire d'abord d'élever le volume à faire circuler ; et pour avoir des chutes répétées, il faut aussi que les élévations soient automatiques et périodiques.

L'appareil imaginé par M. Rouquaud pour



obtenir ce résultat est un *éjecto-pulseur* qui est en communication constante avec une chaudière par une double tuyauterie de circulation (fig. 7). Au-dessus et à une hauteur variant avec les installations, se trouve le ré-

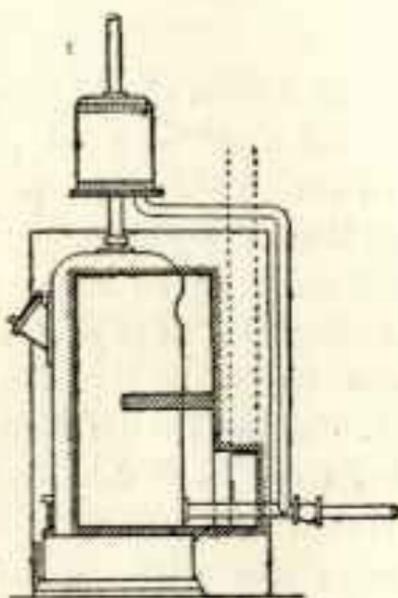


Fig. 7. — Chaudière à eau chaude surmontée du pulseur Rouquand.

servoir d'expansion et de chute, d'où l'eau bouillante retombe par son propre poids dans la canalisation qui dessert tous les radiateurs, pour revenir à la chaudière et y puiser une nouvelle provision de calories.

L'*éjecto-pulseur* est une boîte métallique (fig. 8) à l'intérieur de laquelle une cloche F, ou flotteur manométrique, est fixée sur un tube concentrique à un autre tube, par lequel l'eau monte au réservoir d'expansion. A la partie supérieure, près du couvercle de la boîte, ce dernier tube est muni de deux petits trous O, O, qui peuvent être masqués ou démasqués suivant



que le flotteur est soulevé ou non. Ce flotteur est lesté de façon que, dans l'eau chaude, il repose légèrement sur le fond de la boîte, mais dès que l'élévation de température dans la chaudière produit des bulles de vapeur, ces bulles montant dans le pulseur viennent s'accumuler sous la cloche, l'allègent, le flotteur s'élève et le tube concentrique masque les trous du tube intérieur. La vapeur continuant à se dégager dans la boîte, comprime l'eau qui est contenue et l'évacue par une pulsion dans le tube intérieur jusqu'au vase d'expansion et de chute. La cloche ne flottant plus, puisque le niveau de l'eau dans la boîte s'est abaissé, retombe, les trous sont démasqués, la vapeur de la boîte s'échappe et la pression atmosphérique y est rétablie. Mais l'eau demeurée en charge sur le pulseur s'y précipite, au travers de la chaudière, pour le remplir à nouveau.

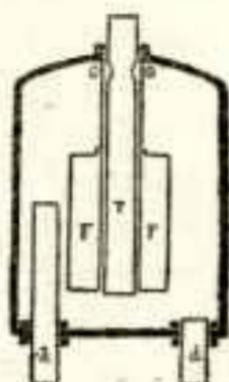


Fig. 8.
Schéma de l'éjecto-
pulseur Rouquard.

Quelques instants après, le phénomène se renouvelle et, automatiquement, le pulseur élève par périodes le volume d'eau chaude nécessaire pour fournir les calories à tous les radiateurs.



A la hauteur de chute correspond sensiblement la hauteur d'élévation de l'eau en ébullition, il s'ensuit que l'eau pulsée à une température supérieure à 100 degrés, provoque, à chaque pulsion à l'air libre, une certaine vaporisation qui augmente avec cette hauteur. Un réservoir d'eau annexe utilise la chaleur latente de vaporisation en condensant cette vapeur et l'eau échauffée dans le réservoir annexe est utilisée dans un service étranger au chauffage ; des bains, par exemple, dans le cas d'installations importantes.

Pour le cas où l'utilisation de cette eau chaude ne peut être faite facilement dans un service de durée égale au chauffage la disposition est différente.

On fait un renflement sur le tuyau d'éjection de surface appropriée et entouré d'un réservoir ouvert, d'un volume à peu près égal à celui du pulseur, et dans lequel aboutit l'extrémité de la circulation avant sa rentrée à la chaudière.

Ce réservoir agira comme un récupérateur, il refroidira l'eau pulsée de 105°, à environ 100°, en condensant la vapeur produite et en restituant au circuit les calories ainsi recueillies au passage. Il n'y aura donc plus perte de chaleur, par échappement de vapeur.



En admettant que la température moyenne de l'eau dans le retour est de 85°, le nombre total de calories de déperdition étant supposé de 30 000, le volume d'eau qui devra circuler par heure sera de

$$\frac{30\ 000}{100 - 85} = 2\ 000 \text{ litres.}$$

Le nombre de pulsions par heure étant de 40 au maximum, soit une pulsion toutes les 90 secondes, la quantité d'eau à fournir par le pulseur à chaque pulsion sera de

$$\frac{2\ 000}{40} = 50 \text{ litres.}$$

La chaudière employée dans le système Rouquand est une chaudière à eau quelconque ; dans un appartement, elle peut être placée près du fourneau de cuisine et enveloppée de briques, elle peut être installée dans une antichambre qu'elle chauffe directement par rayonnement ; enfin, pour chauffer un très petit local, deux ou trois pièces au plus, elle peut être une petite chaudière en cuivre chauffée par le gaz ; M. Bohain, constructeur à Paris, a étudié spécialement ce cas particulier,



Le chauffage Rouquaud trouve son application comme le système Reck et l'appareil Nessi dans le chauffage indépendant de chaque étage d'une maison. Pour le chauffage d'une habitation entière, il donne, comme le système Reck, les avantages inhérents à l'eau chaude, tout en diminuant les inconvénients.

Dans ces deux systèmes à circulation rapide, il est possible de disposer la canalisation et le branchement des radiateurs de façon telle que chacun d'eux puisse être réglé par un robinet. Les tuyaux employés dans les deux cas sont en fer de petit diamètre : 27, 33 ou 40 millimètres, dont les joints sont faits d'une façon analogue aux joints de la tuyauterie employée avec la vapeur à basse pression que nous verrons plus loin.

Chauffage Gandillot. Système Perkins

— Le système de chauffage exploité par M. Gandillot est à haute pression et plus anciennement connu sous le nom de chauffage Perkins. Il consiste en une circulation unique et continue d'eau sous pression dans une canalisation de très petit diamètre (15 millimètres à l'intérieur). Le vase d'expansion placé à la partie supérieure du circuit est constitué par un tuyau de gros diamètre, fermé par un bouchon.



Le serpentin, qui forme la chaudière, est fait avec des grandes et des petites spires, de manière que le contact de ces spires avec les gaz du foyer se fasse mieux. Ce serpentin est entouré d'un fourneau en maçonnerie avec foyer muni d'une trémie, avec chargement par le dessus pour constituer une réserve de combustible. La circulation des gaz est disposée de manière que toutes les spires soient entourées.

La spire inférieure communique directement avec le vase d'expansion, d'où part le tube qui constitue, par son développement, les poêles ou surfaces de chauffe, desservant les locaux aux différents étages, avant de rentrer au foyer par la spire supérieure.

M. Gandillot place la canalisation le long des murs, devant la plinthe ou bien dans une plinthe métallique recouverte d'une tôle perforée. Quelquefois il la place dans un caniveau en parquet recouvert d'une grille. Il profite des embrasures de fenêtres pour développer le tuyau en serpentin et constituer un poêle qu'il recouvre généralement d'un coffre en tôle ajourée. En effet, à cause de la température élevée de la canalisation, il faut la protéger presque toujours par une tôle pour éviter les brûlures si on venait à la toucher.



M. Gandillot place le foyer au sous-sol ou au rez-de chaussée suivant les cas. Étant données ses petites dimensions, le fourneau peut être orné de faïence comme un poêle de salle à manger. Enfin, pour les petites installations, petites habitations à la campagne ou appartement, ce constructeur a combiné son foyer de chaudière avec celui du fourneau de cuisine, ce qui permet une économie de combustible avec le minimum d'encombrement.

Le système Gandillot-Perkins, qui ne comporte qu'un seul circuit sans aucune dérivation et sans robinet, n'est réglable que par le foyer qui est des plus sensibles.

Chauffage microsiphon Geneste et Herscher. — MM. Geneste et Herscher ont imaginé un chauffage à eau à petit volume et à moyenne pression appelé *microsiphon*, dans lequel il n'entre, comme dans le système Perkins, que des tuyaux de petits diamètres. Ce sont des tubes de fer de 25 millimètres à l'intérieur. La chaudière est formée de plusieurs serpentins de ces tubes placés dans un fourneau. Celui-ci est séparé en deux par l'autel du foyer ; les grandes spires des serpentins occupent toute la profondeur du fourneau en passant par dessus l'autel, elles reçoivent



l'action directe du feu, tandis que les petites spires placées derrière l'autel sont chauffées par le retour des gaz dans la deuxième partie du foyer. Comme l'eau parcourt les serpentins de bas en haut le chauffage est ainsi méthodique. La grille est munie d'une trémie pour le combustible qui assure un chauffage continu (fig. 9).

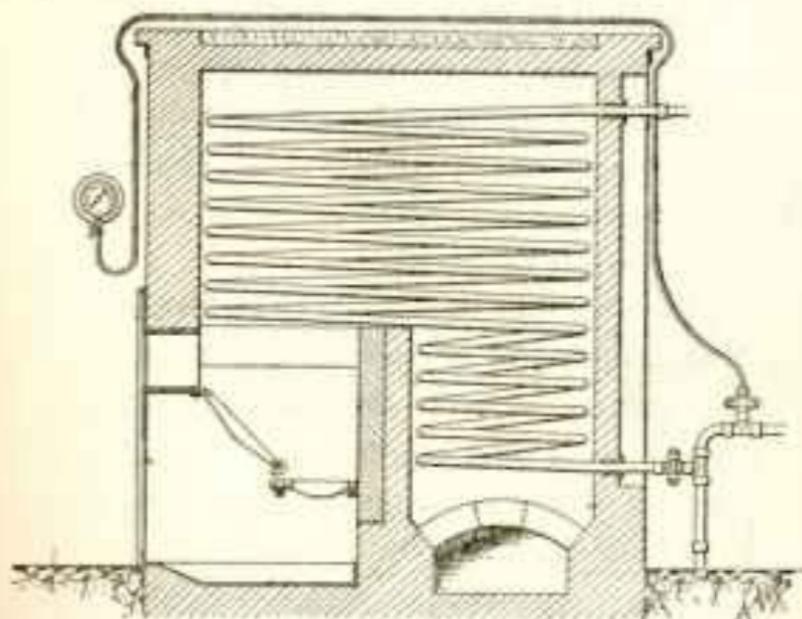


Fig 9

Chaudière Guosts et Horscher pour le chauffage « microsiphon »

Contrairement au système Gandillot qui ne comporte qu'un seul circuit avec une seule ren-
trée à la chaudière, le microsiphon est formé de



plusieurs circuits avec plusieurs rentrées à la chaudière, chaque circuit étant calculé pour avoir une centaine de mètres de longueur environ. L'eau chaude sort du fourneau par la spire supérieure du premier serpentín, monte directement à un vase d'expansion, circule dans un certain nombre de poêles, rentre à la chaudière dans un deuxième serpentín par la spire inférieure, ressort en haut pour circuler à nouveau dans l'habitation et revenir à la chaudière dans un troisième serpentín et ainsi de suite. Pratiquement, on ne dépasse pas huit circulations par fourneau pour que les dimensions de celui-ci ne soient pas exagérées.

En résumé, tous les circuits ne forment qu'un seul circuit général fermé mais qui repasse par le fourneau après avoir abandonné 15 à 20 000 calories et pour les y reprendre.

Chaque serpentín de réchauffage a environ $\frac{1}{6}$ de la longueur du circuit.

Le vase d'expansion est composé de plusieurs tubes cylindriques de 0^m,07 de diamètre en nombre convenable, munis d'un dispositif qui permet de remettre de l'eau au bout de quelques jours de fonctionnement. En effet, bien qu'il n'y ait pas de fuites, l'air en dissolution dans l'eau et celui resté dans les points hauts de la canali-



sation, se dégagent dans le vase d'expansion et le volume de l'eau en circulation se trouve diminué.

Les serpentins de réchauffage sont calculés de manière à ce que la pression ne dépasse pas en marche courante 5 à 6 kilogrammes. Cependant, pour éviter que cette pression ne soit pas dépassée par la conduite du feu, on place un manomètre avec avertisseur électrique.

Les poêles employés par MM. Geneste et Herscher sont formés de tuyaux en fer, munis d'ailettes en fer rapportées, dont le rendement est d'environ 600 calories par mètre courant (500 par mètre carré) alors que le rendement d'un tuyau lisse n'est que de 100 calories par mètre courant environ (1 000 par mètre carré).



CHAPITRE VIII

CHAUFFAGE PAR LA VAPEUR

Les systèmes de chauffage employés actuellement dans les habitations sont tous à basse pression, c'est-à-dire que les chaudières employées ont un fonctionnement réglé pour produire de la vapeur à une pression variant entre 80 et 200 grammes par centimètre carré. Il y a peu d'années encore, la pression employée était de 300 à 500 grammes, mais les perfectionnements dans le mode de distribution de la vapeur, de purges de l'air et de l'eau de condensation, ainsi que dans la construction des régulateurs, ont permis de se maintenir, pour les habitations, à une pression inférieure à 200 grammes.

Quant aux pressions de 1 et 2 kilogrammes, il y a déjà longtemps qu'elles sont exclues des habitations pour des raisons multiples ; leur emploi est réservé au chauffage des bureaux et



ateliers d'usines où la vapeur est prise sur les générateurs des machines et détendue, ou bien au chauffage des établissements où le transport doit se faire d'un point central à une très grande distance. C'est le cas des hôpitaux, théâtres, écoles, qui comportent quelquefois plusieurs bâtiments distincts chauffés tous par un seul groupe de générateurs.

Malgré la faible pression de 100 ou 150^{mm} en moyenne, la vapeur se transporte suffisamment loin pour desservir les pièces les plus éloignées d'une maison d'habitation, même si celle-ci occupe une assez grande surface.

Le système de chauffage par la vapeur a de nombreux avantages sur les systèmes à air et à eau, car il est très hygiénique, d'une très grande souplesse et d'un réglage facile ; des tuyaux de très petits diamètres, de 8 à 20 millimètres, traversent les appartements, les diamètres plus forts jusqu'à 40 millimètres n'étant guère employés que dans les colonnes montantes ou en cave, les gros diamètres de 60 et 80 millimètres ne servant, dans les installations déjà importantes, que pour les départs ou les distributions en cave et sur une distance horizontale de peu de longueur, à partir de la chaudière.

La quantité de chaleur totale nécessaire pour



transformer en vapeur à T° un kilogramme d'eau prise à 0° , est donnée par la formule de Regnault :

$$C = 606,5 + 0,305 T.$$

A 200 grammes de pression, soit à 105° , cette quantité de chaleur sera

$$C = 606,5 + 0,305 \times 105 = 638.$$

Cette quantité de chaleur est égale à la chaleur qui a été nécessaire pour élever, de 0 à 105° , un kilogramme d'eau, plus la chaleur latente de vaporisation ; c'est-à-dire la chaleur nécessaire pour vaporiser l'eau sans élévation nouvelle de température :

$$638 = 105 + x$$

$$x = 638 - 105 = 533.$$

Cette chaleur latente de vaporisation, beaucoup plus considérable que celle emmagasinée par l'eau, permet à la vapeur de transporter, sous un faible poids, une grande quantité de chaleur. En effet, à l'endroit où la vapeur doit être utilisée pour le chauffage on la condense et, pendant cette condensation, 1 kilogramme de vapeur restitue les 533 calories. L'eau de condensation étant refroidie elle-même au-dessous de 105° ,



par exemple jusqu'à 85°, abandonne au profit du chauffage :

$$105 - 85 = 20 \text{ calories.}$$

Un kilogramme de vapeur à 105° refroidie à 85° abandonne au total la chaleur latente de vaporisation, plus 20 calories :

$$533 + 20 = 553 \text{ calories ;}$$

soit, pour les calculs, 550 en chiffres ronds.

A la même température initiale de 105°, de l'eau chaude, refroidie à 85°, n'abandonnerait que 20 calories par kilogramme, soit, en faveur de la vapeur, une différence de 533 calories.

On voit donc que le chauffage à vapeur a, sur le chauffage à eau, un avantage spécifique important dont nous avons déjà énuméré les applications. Dans les calculs, on prend, pour la chaleur latente de vaporisation, le chiffre moyen de 530 calories.

Conditions d'installation. — Une installation de chauffage par la vapeur à basse pression comprend : 1° une chaudière placée à un niveau inférieur des appareils de chauffage les plus bas. Cette chaudière comporte des appareils annexes :



régulateur automatique de pression, tube et vase de sûreté, régulateurs de tirage, etc.; 2° une canalisation de vapeur conduisant la vapeur de la chaudière aux appareils de chauffage, une canalisation ramenant l'eau de condensation de ces appareils à la chaudière; 3° les appareils de chauffage ou surface de chauffe qui sont des tuyaux lisses, des tuyaux et poêles à ailettes, ou des radiateurs.

La chaudière et les surfaces de chauffe possèdent des appareils de réglage à main qui permettent de modifier l'intensité du chauffage suivant la température extérieure et de profiter ainsi de la grande souplesse de la vapeur.

Enfin quelques systèmes peuvent comporter des appareils de réglage à distance appelés servo-régulateurs.

Calcul des appareils. *Chaudière à basse pression.* — Le calcul des déperditions de chaleur indique la quantité de calories à fournir à toute l'habitation. En vue de déterminer les dimensions de la chaudière, on ajoute 10 % à ce nombre de calories pour faire face aux calories perdues en route dans la circulation de vapeur. Ce nombre total A de calories à fournir doit être divisé par 530 pour donner la quantité de vapeur



exprimée en kilogrammes, nécessaire au chauffage.

La production de vapeur par mètre carré de chauffe varie peu avec le système de chaudière, cependant elle est plus élevée pour les chaudières tubulaires à parois minces transmettant mieux la chaleur. Elle est moins élevée pour les chaudières dans lesquelles la circulation de l'eau n'est pas assurée sur différents points de la surface de chauffe. Cette production, pour les chaudières à vapeur à basse pression qui comporte des dispositions particulières en rapport avec leur utilisation spéciale, est de 13 à 15^{kg},5 de vapeur par mètre carré de chauffe. Il ne faut pas dépasser 16 kilogrammes.

Pour calculer la quantité de combustible, il faut connaître sa puissance calorifique et admettre un rendement maximum de 55 % pour avoir le nombre de calories développées par la combustion. Le rendement n'est souvent que de 52 à 53 %.

Voici un exemple :

Soit une houille maigre anthraciteuse à 7 % de cendres d'une puissance calorifique de 8 600 calories

$$55 \% \text{ de } 8\,600 = 4\,730 \text{ calories}$$

$$52 \% \text{ de } 8\,600 = 4\,470 \text{ calories.}$$



$$\frac{4470 \text{ à } 4730}{530} = 8^{32,5} \text{ à } 9^{32} \text{ de vapeur par ki-}$$

logramme de houille anthraciteuse.

S'il s'agit d'un coke à 20 % de cendres d'une puissance calorifique de 7 000 calories

$$55 \% \text{ de } 7\,000 = 3\,850 \text{ calories}$$

$$52 \% \text{ de } 7\,000 = 3\,640 \text{ calories.}$$

$$\frac{3640 \text{ à } 3850}{530} = 6^{32,9} \text{ à } 7^{32,3} \text{ de vapeur par}$$

kilogramme de coke.]

On peut avoir directement la quantité de combustible à l'heure en divisant la quantité totale A, de calories à fournir, par les 52 à 55 centièmes de la puissance calorifique, Pc, du combustible

$$\frac{A}{0,52 \text{ à } 0,55 P_c} = x \text{ kilog. de combustible à l'heure.}$$

Grille. — Connaissant la quantité de combustible à brûler par heure, on peut déterminer la surface de la grille. Cette surface doit être relativement grande pour amoindrir l'intensité du feu, afin de fondre le moins possible les cendres et les impuretés du combustible, auquel cas il se forme des gâteaux de mâchefer qui sont à peu près incompatibles avec une bonne marche continue, c'est-à-dire avec une marche ne nécessitant que deux ou trois chargements par 24 heures.



D'ailleurs, avec une grille qui n'est nettoyée que deux fois par jour, on ne peut pas, dans de bonnes conditions, y brûler la même quantité que celle admise pour les grilles de chaudière à haute pression.

Les grilles mobiles, à barreaux mobiles ou à oscillation donnent d'excellents résultats ; elles deviennent indispensables même dans les installations de chauffage par la vapeur où il est absolument nécessaire d'avoir une pression constante pendant plusieurs heures de suite. Ces grilles permettent, en effet, de faire tomber les cendres au moyen d'un levier de commande extérieur, sans ouvrir les portes du foyer et du cendrier.

Dans les chaudières à vapeur à basse pression, on ne doit brûler, en pratique, que 25 à 30 kilogrammes de houille maigre ou de coke par mètre carré de grille, pendant le fonctionnement à moyenne allure des appareils.

La section de la cheminée doit être le dixième de la surface de la grille, ce qui revient à dire qu'il faut donner à la cheminée 1 décimètre de section par 3 kilogrammes de houille brûlée par heure. Une chaudière de 1 mètre carré de grille brûlant 30 kilogrammes, devra avoir une cheminée de 0^m2,10. Si la cheminée présente des



parties horizontales ou peu inclinées, la section de celles-ci doit être un peu augmentée.

Appareils de sûreté. — Les chaudières de chauffage à vapeur fonctionnant au-dessous de 300 grammes ne sont pas assujetties, comme les chaudières industrielles, au contrôle du service des Mines, à condition toutefois qu'elles possèdent une communication avec l'atmosphère au moyen d'un tube plein d'eau qui remplit l'office de soupape automatique. En effet, la hauteur de cette colonne d'eau fait équilibre pendant le service normal à la pression intérieure de la chaudière, mais si cette pression dépasse une limite fixée d'avance, la colonne d'eau est refoulée, le tube est vidé et la vapeur de la chaudière s'échappant par lui dans l'atmosphère, la pression tombe rapidement. Ce tube d'eau, ainsi que tous les appareils qui l'accompagnent, s'appellent appareils de sûreté, ils varient dans leur forme et leur disposition avec les constructeurs.

Régulateurs. — Ces appareils sont de deux sortes : les régulateurs de pression, destinés à maintenir la pression en dessous de la limite maxima, ou à une pression correspondant à l'intensité que l'on désire donner momentanément.



ment au chauffage dans toute l'habitation. Les autres sont les régulateurs de tirage destinés à empêcher le tirage excessif de la chaudière lorsque les variations de la température extérieure viennent modifier les conditions habituelles du tirage de la cheminée.

Les régulateurs de pression agissent tous sur l'entrée d'air nécessaire à la combustion admis sous la grille du foyer, les portes de chargement du foyer et du cendrier étant hermétiquement closes. Ils se classent comme suit :

- A. Régulateurs à membrane, dits américains ;
- B. Régulateurs à eau ;
- C. Régulateurs à mercure.

A) Les premiers sont les plus simples, mais aussi les moins sensibles et les moins sûrs. L'élasticité de la membrane sur laquelle agit la vapeur, soit directement, soit avec interposition d'un matelas d'air ou d'eau, se perd ou tout au moins se modifie rapidement. Le réglage de ces appareils doit donc être vérifié souvent par un ouvrier compétent. Par des dispositions spéciales et différentes selon les constructeurs, les régulateurs à membrane ont été perfectionnés et sont meilleurs que le type primitif américain proprement dit. En tous cas, l'emploi rationnel de ces appareils exige qu'ils agissent aussi bien sur l'air



assurant la combustion dans le foyer que sur les gaz s'échappant dans la cheminée.

En aucun cas, il ne faut se contenter d'un régulateur agissant seulement sur un registre de cheminée.

Enfin si les régulateurs à membranes présentent des avantages dans leur simplicité, ils ont l'inconvénient de ne pas être réglables à volonté, c'est-à-dire ils ne permettent pas de faire varier à volonté la pression de marche de la chaudière, ils sont une fois pour toutes réglés par le constructeur pour une pression déterminée (*fig. 10*).



Fig. 10

B) Les régulateurs à eau étaient employés beaucoup plus autrefois que maintenant. Ils sont basés sur le principe suivant : Dans un récipient à deux branches remplies d'eau, dont l'une est en communication avec la chaudière, existe un flotteur qui est mis en mouvement par les variations

de la pression. Le mouvement est transmis au moyen de leviers et de chaînes à des volets, qui ouvrent ou ferment plus ou moins l'entrée d'air sous la grille du foyer, et qui règlent aussi le ti-



rage des carneaux de fumée. Le réglage du régulateur pour diverses pressions est obtenu par le déplacement judicieux de contre-poids sur les leviers de transmission du mouvement.

Ces régulateurs sont très simples de construction et de pose, mais ils sont assez volumineux et moins sensibles que les régulateurs à mercure.

La maison Kœrting emploie actuellement un régulateur à eau perfectionné qui est combiné avec l'appareil de sûreté de la chaudière ; nous l'examinerons plus loin.

C) Les régulateurs à mercure sont les plus parfaits, les plus sensibles, mais aussi plus coûteux et plus fragiles. Eux seuls répondent aux desiderata actuels de certains chauffages d'appartements, sans cependant être indispensables à une installation simplifiée de chauffage par la vapeur, chauffage indirect par batteries en cave, par exemple.

Leur sensibilité est telle, quand ils sont bien construits et bien entretenus, qu'ils permettent de faire varier la pression de marche de la chaudière de 10 grammes en 10 grammes, sur un écart de pression de 0 à 150 grammes et même 200 grammes. Ils sont réglés par le constructeur pour maintenir la pression de la chaudière à la limite, choisie par lui, pour donner au chauffage



son intensité maxima ; mais le propriétaire peut, de son côté, faire varier la pression comme bon lui semble par la simple manœuvre d'un indicateur gradué. Si la pression dépasse accidentellement le maximum, le régulateur est maintenu fermé et immobilisé au moment même où l'appareil de sûreté va fonctionner. Il est nécessaire alors de venir remettre à la main le régulateur en fonctionnement en cherchant la cause accidentelle de l'élévation anormale de pression.

Régulateur de tirage. — Il est bon d'établir, ou de disposer à l'avance d'une cheminée de section et de tirage plus forts qu'il n'est nécessaire au bon fonctionnement de la chaudière. L'installation étant à l'essai, il est facile, si le tirage est excessif et si la chaudière s'emballé malgré son régulateur de pression, d'ajouter un registre à main dont on règle par tâtonnement le degré d'ouverture. Mais, d'autre part, il faut placer un régulateur automatique de tirage à la base de la cheminée. Celui-ci est quelquefois combiné avec le régulateur d'entrée d'air (cas du régulateur à membrane) mais, dans d'autres cas, il est constitué par une plaque, une soupape ou une porte extrêmement légère (carton, aluminium, mica) qui se soulève ou s'ouvre lorsque



le tirage est actif et retombe sur son siège ou se referme lorsque celui-ci est ralenti. C'est un appareil analogue à ceux qui ont été employés avec les poêles d'appartements à combustion lente.

Les régulateurs de pression et de tirage bien construits et bien réglés doivent, pendant le fonctionnement, rester dans une position médiane d'équilibre et la pression rester longtemps constante. Les oscillations répétées, lorsqu'elles ne proviennent pas de la qualité irrégulière du charbon, sont dues généralement au peu de sensibilité des régulateurs.

Canalisations. — Les canalisations de vapeur sont en fer et quelquefois en cuivre pour les petits diamètres. Les tuyaux de plomb ne peuvent pas être employés pour la vapeur, car le plomb commence à se ramollir à 100 degrés.

Les tubes de fer employés pour le chauffage à basse pression peuvent être du tube à gaz du commerce, c'est-à-dire du tube soudé par rapprochement ordinaire, mais il est préférable d'employer du tube soudé par rapprochement renforcé qui se travaille mieux et ne se fend pas comme le premier dans les cintrages et les taraudages. Les tubes en fer sont assemblés par



des manchons, des coudes, des croix et des mamelons en fer ou en fonte malléable que l'on trouve dans le commerce. L'étanchéité des joints s'obtient par des procédés différents et variant dans leurs détails avec chaque constructeur. Certains joints sont faits avec de la filasse enduite de céruse ou de mastic serrée entre un écrou et le manchon ordinaire dont les deux extrémités sont filetées dans le même sens. D'autres, c'est le cas du manchon fileté droite et gauche, s'obtiennent par l'interposition dans le manchon, entre les deux extrémités des tubes, d'une petite bague en cuivre qui s'écrase pendant le serrage.

Un autre procédé est de tarauder le tube de quelques filets seulement et de visser à force un manchon en fonte malléable. Arrivé à fond, le diamètre des derniers filets étant plus grand que celui du manchon, celui-ci se déforme légèrement et, par un serrage à bloc, le joint est obtenu, parce que les filets de la fonte malléable se sont écrasés sur ceux du tube en fer (*fig. 11*). Quelquefois on emploie des raccords en trois pièces avec ajustages rodés, qui permettent un montage et un démontage rapide; enfin l'étanchéité peut être obtenue avec les raccords trois-pièces par l'interposition d'une matière plastique (cuir, caoutchouc, amiante).



Dans la pratique, pour pouvoir monter une canalisation, il est nécessaire d'employer plusieurs systèmes de joints et de les combiner pour surmonter les difficultés matérielles que présente le montage dans certaines parties difficilement accessibles, ou lorsqu'il est utile de prévoir un démontage ultérieur en vue d'une addition ou d'une modification.

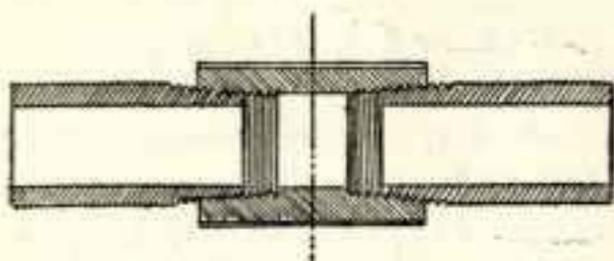


Fig. 11

Les canalisations en cuivre s'assemblent toutes au moyen de raccords deux-pièces ou trois-pièces qui, permettant un montage économique et rapide, réduit la main-d'œuvre exigée par l'assemblage des tuyauteries de fer avec les manchons ordinaires. Quelques systèmes même évitent de faire des brasures.

L'assemblage de tubes, fer ou cuivre, de diamètres différents s'obtient au moyen de raccords de réduction (manchons, coudes ou tés), c'est-à-dire de raccords taraudés d'un côté à un dia-



mètre déterminé et de l'autre à un diamètre plus petit ou plus grand.

Diamètre des canalisations. — Il faut donner aux canalisations un diamètre assez grand pour que la quantité de vapeur nécessaire par heure soit transportée sans une trop grande perte de charge, tout en n'exagérant pas le diamètre, ce qui entraînerait une condensation de la vapeur inutile et une élévation du prix de l'installation.

Généralement, pour les canalisations à faible pression, on admet une vitesse de 20 à 25 mètres qui correspond au minimum de perte de charge. La perte de charge totale est due : à celle résultant du frottement de la vapeur sur les parois des tuyaux, augmentée de la perte résultant de la condensation ; et cette perte totale est triple de celle due au frottement seul.

Il est donc de toute nécessité de protéger les canalisations contre le refroidissement en les enveloppant de matières calorifuges qui diminuent de 60 à 70 % la condensation. Les calorifuges les plus employés sont la paille, le liège, le feutre et le coton minéral.



QUANTITÉ DE VAPEUR

pouvant être transportée pratiquement en une heure, à un point éloigné de 20 mètres environ de la chaudière. Vitesses correspondantes pour des pressions à la chaudière de 100 et 150 grammes.

Diamètre intérieur du tuyau en millimètres	Nombre de calories C	Kilog. de vapeur C $\frac{C}{537}$	Vitesse en mètres par seconde	
			A la pression de 100 gr.	A la pression de 150 gr.
15	5 300	98,5	15	23
21	9 500	17,70	17	25
26	16 900	31,45	18	28
33	30 300	56,40	20	30
40	50 400	97,55	23	35
50	86 500	161,05	23	35

Le volume du kilogramme de vapeur à 150 grammes est de $1^{m3},49$.

Pour un point éloigné de moins de 20 mètres de la chaudière, les quantités de vapeur transportées seront un peu plus grandes, pour un point éloigné de plus de 20 mètres, ces quantités seront plus petites.



La section S d'une canalisation est donnée par la relation

$$P = Svd \times 3600$$

dans laquelle P est le poids de vapeur, en kilogrammes, que la conduite doit faire écouler par heure, v , la vitesse d'écoulement en mètres par seconde, d , le poids en kilogrammes d'un mètre cube de vapeur à la pression considérée.

La section du tuyau de retour de l'eau de condensation doit être comprise entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{3}$ de celle du tuyau de vapeur, mais, dans le calcul de cette section, il faut tenir compte de la pente donnée au tuyau de retour (voir l'ouvrage de M. Ser, tome II).

Mais, d'autre part, il faut tenir compte de la distance qui existe entre la chaudière et le point de la canalisation dont on calcule la section. Quoique, dans une maison d'habitation, les longueurs de canalisations ne soient pas considérables, les points les plus éloignés de la chaudière sont encore souvent à plus de 20 mètres de la chaudière, y compris les nombreux coudes et détours qui ne peuvent être évités pratiquement, le monteur se heurtant dans son travail à une quantité d'obstacles qu'il est obligé de détourner; comme par exemple, les piliers, les maitresses



poutres, les écoinçons, les portes, baies, fenêtres, coffres de cheminée, etc.

Chaque constructeur établit des tables, qu'il calcule ou qu'il détermine par ses propres expériences, qui lui indiquent, pour les différentes pressions auxquelles il fait ses installations, le diamètre à donner à une tuyauterie devant lui fournir x calories à tant de mètres de la chaudière.

Surface de chauffe. — Celles employées le plus couramment dans le chauffage à vapeur à basse pression et dans l'habitation sont :

- le tube en fer lisse ;
- le tuyau à ailettes en fonte ;
- l'élément à ailettes en fonte pour poêles ;
- le tuyau en cuivre à ailettes en fer ;
- le radiateur.

Pour calculer la surface à donner aux poêles formés de ces tuyaux et à ces radiateurs, il faut connaître la quantité de calories qu'ils dégagent à l'heure, c'est-à-dire quel est leur rendement.

On compte généralement, pour une pièce chauffée à 15° , que les tuyaux lisses en fer et les radiateurs lisses en fonte dégagent, avec de la vapeur à basse pression, les premiers, 950 calories



et les seconds, 800 calories environ par mètre carré et à l'heure ; et que les tuyaux en fonte à ailettes dégagent seulement de 550 à 600 calories. Pour chauffer une pièce à 18°, ces rendements diminuent un peu ; on ne compte plus alors que 910 à 920 calories pour les tuyaux lisses, 770 centimètres pour les radiateurs et 530 à 580 calories pour les tuyaux à ailettes.

Les tuyaux de cuivre à ailettes en fer rendent de 260 à 280 calories par mètre courant s'ils sont apparents. Si on les emploie sous une grille et superposés sur deux rangs, le rendement est de 170 à 190 calories ; sur trois rangs, il tombe à 150 calories environ.

Ces chiffres sont des moyennes suffisamment exactes pour permettre un calcul de surface de chauffe, mais il est bon de vérifier le rendement, qui varie avec chaque type de tuyaux ou de radiateurs. Parmi les modèles courants de ces derniers, ce sont les radiateurs les moins ornés qui ont le meilleur rendement et parmi les radiateurs ornés, c'est-à-dire qui ont des moulures ou des dessins en saillie venus de fonte, il y a des modèles qui ont un meilleur rendement les uns que les autres ; les constructeurs doivent connaître exactement ce rendement pour chaque modèle qu'ils emploient. De même, ils doivent



le connaître pour les radiateurs de différentes hauteurs, mais du même type.

La quantité de chaleur prise par l'air léchant les surfaces métalliques chaudes, varie avec la vitesse de l'air par contact à peu près proportionnellement à la racine carrée de la vitesse ; cette propriété qu'il est utile de rappeler n'est guère mise à profit dans les poêles ou batteries de tuyaux employés dans les habitations. D'autre part, lorsque, dans ces poêles ou batteries, il y a plusieurs éléments de tuyaux superposés, il faut en tenir compte, car, rappelons-le, le rendement d'un tuyau augmente avec la différence qui existe entre la température extérieure et celle des parois du tuyau. Si plusieurs éléments sont superposés, cette différence allant en diminuant au fur et à mesure que la colonne d'air chaud montera, le tuyau supérieur rendra beaucoup moins que les éléments inférieurs. Le rendement de 550 à 600 calories n'est pratiquement applicable qu'aux deux ou trois premiers éléments à ailettes superposés ; on ne devra compter, pour un quatrième, que 540 calories et, pour un cinquième élément, 480 c. par mètre carré et par heure (*fig. 12*).

Il ne faut pas, autant que possible, superposer plus de 5 tuyaux à ailettes et plus de 3 tuyaux lisses. Aussi lorsqu'il est nécessaire de disposer



dans un coffre, une batterie puissante de tuyaux à ailettes, il faut placer les éléments de tuyaux en quinconces de manière qu'il n'y ait pas plus de 5, ou mieux, 4 éléments superposés. C'est cette diminution du rendement dans une très grosse batterie, jointe à la répartition inégale de l'air

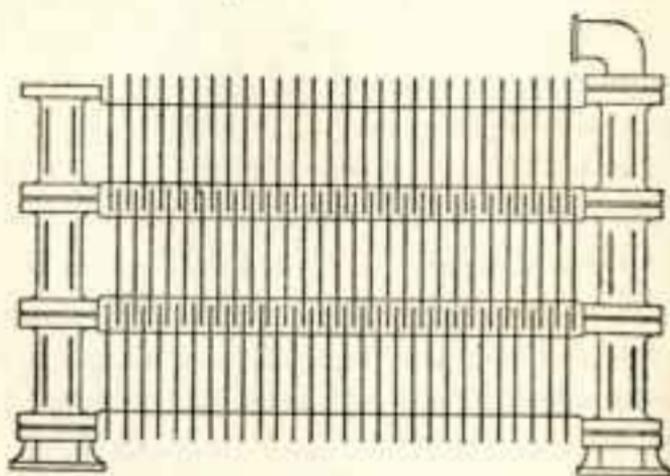


Fig. 12. — Poêle à trois éléments.

chaud dans les conduits allant aux appartements et qui sont de différentes hauteurs, qui créent la difficulté d'établissement de grosses batteries en cave devant desservir une habitation de plusieurs étages ; ce qui est facile pour deux ou trois étages ne l'est plus pour cinq.

Les tuyaux de cuivre à ailettes en fer s'emploient aussi superposés, en serpentins à plat de plusieurs



rangs ou en serpentins enroulés en hélices pour former des poêles enveloppés avec circulation d'air. Dans chacun de ces cas, il y a des variations de rendement comprises entre 100 et 150 calories suivant la hauteur du poêle et la disposition adoptée pour l'entrée de l'air et la sortie de l'air chauffé.

Appareils ou dispositifs assurant la circulation. — Lorsqu'on désire faire fonctionner un chauffage à vapeur, on commence par mettre en pression la chaudière. Mais, pour que la vapeur produite puisse circuler dans les canalisations et remplir les poêles ou radiateurs, il faut que l'air contenu dans tous les appareils soit chassé par la vapeur et évacué au dehors. Il faut, d'autre part, que l'eau de condensation produite au fur et à mesure de la circulation ou par le refroidissement des poêles, soit ramenée à la chaudière. Cette eau étant encore chaude, on utilise ainsi les calories qu'elle contient et on évite l'installation d'appareils d'alimentation de la chaudière. Le niveau d'eau dans la chaudière ne varie pas théoriquement. En fait, la chaudière est constamment branchée sur une canalisation d'eau sous pression supérieure à la pression de marche de la chaudière et permet de compenser



les petites pertes de vapeur, qui ne peuvent être évitées, et qui font abaisser un peu le niveau ; cette alimentation ne se fait en cas de marche normale que tous les 5 ou 6 jours environ. En cas de fuites sur la canalisation de circulation, le niveau d'eau dans la chaudière baisse vite et doit être ramené à sa hauteur normale par plusieurs alimentations journalières en attendant la réparation de la fuite.

Pour évacuer l'air des appareils, on employait, dans les premières installations de chauffage, de petits robinets à main appelés purgeurs d'air, placés sur les poêles à l'opposé de l'entrée de la vapeur ; on les ouvrait au moment de la mise en pression de la chaudière, puis, lorsque la vapeur, après avoir rempli entièrement le poêle, sortait par le robinet de purge, il fallait fermer celui-ci et l'appareil était en fonctionnement.

Si, pour modérer le chauffage, on fermait le robinet d'admission de la vapeur, ou si, pour une cause quelconque, la pression de la chaudière venait à tomber à zéro, le vide se produisait dans les poêles et l'air y rentrait. (L'eau de condensation des retours ne pouvait remplir le poêle, grâce à un robinet manœuvré à la main ou à un clapet de retenue). Pour remettre de nouveau l'appareil en fonctionnement, lorsque la vapeur était



de nouveau admise, il fallait nécessairement purger de nouveau à la main. Cette disposition primitive était surtout employée dans les installations de chauffage à une seule tuyauterie, celle-ci étant d'un diamètre assez gros pour distribuer la vapeur et ramener l'eau de condensation.

Pour assurer l'évacuation automatique de l'air, et permettre, à chaque montée de pression de la chaudière, l'arrivée de vapeur dans les poêles, des purgeurs d'air automatiques sont annexés déjà depuis longtemps aux purgeurs à mains. Le fonctionnement de ces appareils est basé sur le principe suivant : un orifice, devant lequel est placé un obturateur en matière à coefficient de dilatation élevé, laisse échapper l'air lorsque le poêle est froid ; dès que la vapeur a rempli le poêle, le purgeur s'échauffe en même temps que lui et l'obturateur se dilate, ferme l'orifice et la vapeur ne peut s'échapper. Lorsque le poêle se refroidit, le purgeur automatique s'ouvre et laisse rentrer l'air atmosphérique.

L'emploi de ces purgeurs s'est généralisé très vite, et quantités de modèles ont été créés, mais le réglage en est délicat et l'automatisme relative. Quelques constructeurs en placent toujours, mais dans des installations ordinaires et non réglables.



Disons à ce propos que, dans les chauffages à haute et moyenne pression où il ne faut laisser passer dans les retours que de l'eau de condensation sans vapeur, il est fait aussi emploi de purgeurs automatiques à dilatation qui ont pour but, non seulement d'évacuer l'air pour l'établissement de la circulation, mais aussi d'évacuer l'eau de condensation lorsque l'ensemble du chauffage est en fonctionnement. Ces purgeurs laissent passer l'eau mais ne permettent pas à la vapeur de s'échapper. Ils sont d'une construction toute différente que celle des petits purgeurs d'air pour poêle, ils sont aussi beaucoup plus volumineux et plus robustes.

Avec la vapeur à basse pression, les retours peuvent contenir un mélange d'eau et de vapeur en prenant toutefois certaines dispositions, communes du reste à la canalisation de distribution de vapeur et à la canalisation de retour. En effet, pour que la circulation s'établisse bien et rapidement, il faut que la vapeur vive et l'eau de condensation circulent dans le même sens et, par conséquent, qu'une pente régulière existe dans le sens de cette circulation. Une exception existe dans les conduites verticales où la vapeur monte et l'eau redescend ; dans ce cas, on ménage au point bas de la partie verticale un tuyau,



appelé purge, qui ramène à la chaudière l'eau qui s'est condensée dans la conduite.

Lorsqu'en un point de l'installation, il y a une contre-pente, il s'établit une sorte de lutte entre la vapeur et l'eau qui produit des claquements, du bruit et quelquefois fait vibrer la tuyauterie d'une façon très désagréable pour les habitants de l'immeuble. Le même inconvénient se produit lorsqu'une conduite verticale est mal purgée ou que son diamètre est un peu trop faible.

Pour éviter ces inconvénients qui étaient maxima dans les installations à une seule tuyauterie et pour avoir une mise en fonctionnement rapide de toute l'installation, presque tous les constructeurs adoptent maintenant, tout au moins pour les installations importantes, la distribution de vapeur sans purgeurs d'air avec retour à air libre. Nous reviendrons sur ce système, en parlant des appareils de M. Grouvelle, qui en a été le promoteur, mais disons tout de suite qu'il est basé sur le principe suivant : N'admettre dans une surface de chauffe que la quantité maxima de vapeur que cette surface peut condenser à une pression déterminée, de manière que les retours ne contiennent que de l'eau à l'exclusion de vapeur ; d'autre part, faire communiquer ces re-



tours avec l'atmosphère pour que l'ensemble de la circulation se purge d'air naturellement après la mise en pression de la chaudière.

Avec ce système, la pression normale de marche peut être bien plus faible qu'avec les autres dispositifs de circulation et c'est ainsi que couramment les constructeurs font des installations qui fonctionnent à 80 grammes de pression. De plus, les chocs et les bruits sont totalement évités et enfin les tuyaux de retour qui n'ont plus à transporter que de l'eau peuvent être d'une section plus petite, ce qui procure une économie appréciable surtout avec la tuyauterie de cuivre.

Enfin le principal avantage de la distribution sans purgeur, consiste dans la possibilité de régler facilement la température, soit par l'abaissement de la pression normale de marche à la chaudière, soit par la fermeture progressive des robinets de vapeur dont chaque surface de chauffe est munie.

Ce système de distribution est celui qui répond le mieux aux diverses exigences des habitants d'une maison, qui varient avec la température extérieure, avec l'exposition des appartements, nord ou sud, abritée du vent ou non et aussi avec les convenances personnelles.



CHAPITRE IX

—

DESCRIPTION DE QUELQUES SYSTÈMES DE CHAUFFAGE A VAPEUR

Nous ne pouvons, ici, décrire tous les appareils employés par les différents constructeurs pour l'établissement de chauffage par la vapeur. Nous avons choisi ceux qui offrent des particularités, soit dans la construction de la chaudière, soit dans la disposition des organes de distribution et de réglage.

D'une façon générale, il existe maintenant, en France, des fonderies qui font par séries et mettent dans le commerce des tuyaux à ailettes ou des radiateurs que presque tous les constructeurs emploient, sans distinction de modèles propres à ces constructeurs, comme cela existait encore il y a quelques années. Il s'en est suivi un abaissement du prix de ces appareils et une plus grande rapidité d'approvisionnement. Ces



fonderies font aussi des chaudières en fonte pour les petites installations simples, mais pour les installations importantes, chaque constructeur place une chaudière de sa construction et appropriée. Il en est de même des accessoires, des robinets et des appareils de réglage.

Chauffage américain. — On a connu longtemps et on désigne encore quelquefois sous ce nom, le système de chauffage à une seule tuyauterie; c'est-à-dire sans tuyauterie spéciale de retour d'eau de condensation à la chaudière, la même conduite distribuant la vapeur et recueillant l'eau de condensation. Cette disposition comporte cependant des purges d'eau aux points bas de la canalisation avec communication de retour au bas de la chaudière. La distribution à une seule tuyauterie n'est employée, en France, que pour les petites installations simples et bon marché, souvent faites par des entrepreneurs qui ne se font pas une spécialité du chauffage à vapeur. Elle a de multiples inconvénients dont les principaux sont : la nécessité de donner à la tuyauterie un assez gros diamètre, et d'employer des purgeurs d'air à main ou automatiques, l'impossibilité de régler chaque poêle ou radiateur, le robinet placé devant chacun



de ces appareils ne pouvant que donner *tout* ou *rien*, c'est-à-dire être ouvert en grand ou fermé complètement sans position intermédiaire.

D'autre part, il est souvent difficile de mettre en fonctionnement rapide une telle installation, car la vapeur et l'eau marchant en sens inverse, en bien des points, il y a lutte entre elles, des claquements en sont la conséquence, en un mot la circulation s'établit mal.

Les propriétaires ne passent sur les inconvénients de ce système que parce que son établissement est à bon marché, et le prix de revient en est encore abaissé par l'emploi de chaudières en fonte américaine ou de type analogue, sans maçonnerie, munies d'un simple régulateur à membrane. Le système à une seule tuyauterie est encore employé dans les petites maisons de campagne, mais il doit être exclu d'une installation soignée et importante comme cela doit être dans un hôtel ou une maison de rapport.

Chauffage à deux tuyauteries. — Ce système, appliqué d'une façon générale tant en France qu'à l'étranger, peut être établi avec des purgeurs d'air ou sans purgeur d'air. Nous verrons plus loin que presque tous les constructeurs français emploient la disposition sans purgeur



avec système de réglage. (Voir les schémas de distribution à deux tuyauteries dans l'ouvrage de Picard).

Chauffage Hamelle. — M. Hamelle a été le vulgarisateur en France des procédés et des appareils américains. Il a surtout préconisé l'emploi de radiateurs apparents à l'exclusion de toute surface à ailettes ou enveloppée, parce que le rendement des appareils nus et lisses, chauffant par radiation est meilleur que le rendement des poêles enveloppés, qu'ils tiennent moins de place, qu'ils peuvent être posés dans une maison déjà habitée et qu'enfin le radiateur pouvant être nettoyé est plus hygiénique; le nettoyage étant à peu près impossible à faire avec des poêles enveloppés de coffres en tôles où toutes les poussières viennent s'accumuler. Malgré tous les avantages du radiateur, il fut un temps, il y a dix ans environ, où les architectes se refusaient absolument à la pose de radiateurs dans les pièces habitées d'un appartement, et c'est à force de persévérance que le chauffage Hamelle par radiateurs américains s'est répandu en France. Ces radiateurs sont, du reste, installés maintenant par tous les constructeurs.



M. Hamelle emploie des chaudières américaines, en fonte d'une seule pièce, pour les petites installations et la chaudière à anneaux en fonte dite « Florida » pour des installations plus importantes (*fig.*

13). Une série d'anneaux sont superposés et, communiquant entre eux, ils constituent le corps de la chaudière, laissant entre eux, au centre, la place du magasin de combustible et, tout autour, des carneaux pour la circulation des

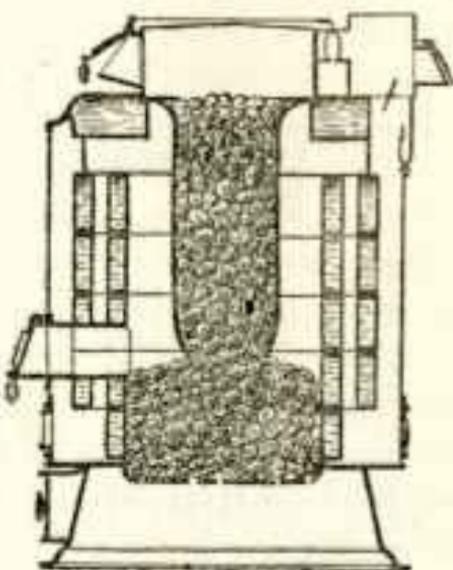


Fig. 13. — Chaudière Florida à anneaux (coupe par les portes du chargement et du foyer).

gaz. L'ensemble de la chaudière est entouré d'une tôle garnie intérieurement d'amiante.

Le régulateur est à diaphragme du modèle classique et la distribution de vapeur se fait par canalisations de vapeur et de retour avec robinets de purge d'air sur chaque radiateur.



Chauffage Bøeringer. — La maison Bøeringer fait usage d'une chaudière tubulaire verticale en tôle et entourée de maçonnerie avec foyer système Robin-Bang, qui permet à volonté la

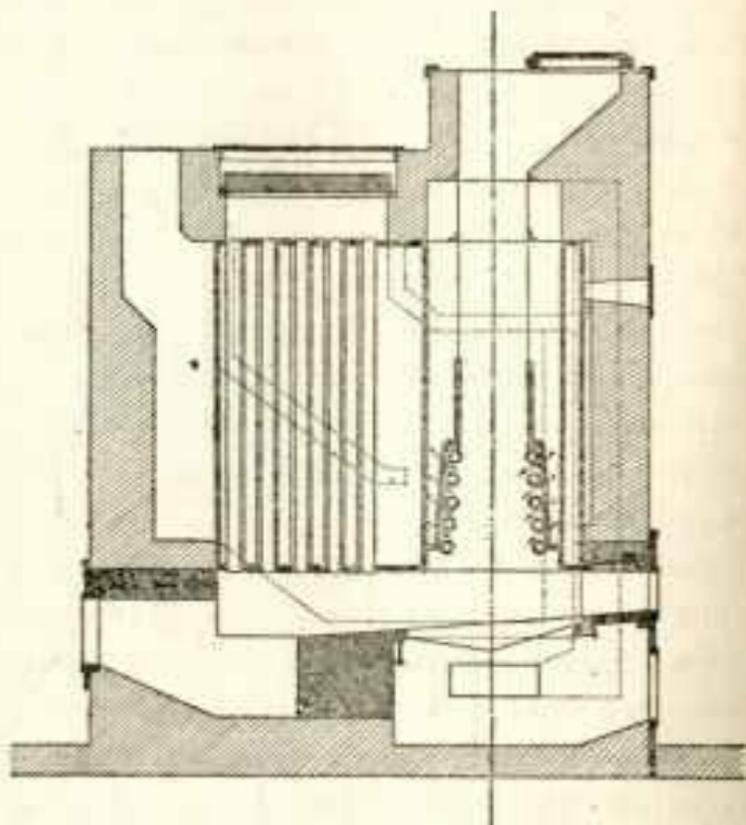


Fig. 14. — Chaudière Bøeringer avec foyer Robin-Bang (coupe transversale par le foyer).

marche continue ou intermittente (fig. 14) et l'utilisation des charbons de toutes qualités et de toutes dimensions. Presque tous les appareils,



permettant le chargement automatique et continu d'un foyer, sont faits pour ne brûler que des charbons maigres, en morceaux de grosseur appropriée à la dimension de la trémie de chargement. Il faut, dans ces trémies, que non seulement la grosseur des morceaux favorise leur descente régulière sur la grille, mais aussi que le charbon soit anthraciteux et maigre, pour éviter qu'il ne colle, que les morceaux ne forment des voûtes et n'arrêtent l'alimentation automatique. Les combustibles anthraciteux et bien criblés, sont relativement bien plus chers que les qualités demi-grasses; et la grosseur, correspondant au numéro de crible dont beaucoup de propriétaires d'une même ville ont besoin en même temps pendant l'hiver, peut venir à manquer.

Le foyer Robin-Bang, applicable aux calorifères à air chaud, aussi bien qu'à une chaudière à vapeur, permet de brûler des charbons demi-gras, sous forme de fines ou de grésillons, des mélanges de fines maigres et grasses, tout en pouvant utiliser les charbons maigres en gros morceaux et le coke. Ce foyer a donc l'avantage, sur les foyers à trémie ordinaire, de pouvoir brûler des charbons de presque toutes les dimensions et de qualités très différentes.

Le foyer, qui est placé verticalement et paral-



lement au corps tubulaire de la chaudière, est constitué par une grille ordinaire au dessus de laquelle est une chambre de combustion, bordée par deux séries de tubes que l'on voit en coupe sur la figure. Entre ces tubes arrive de l'air (indiqué par les flèches) provenant d'un coffre annulaire entourant la trémie de chargement qui est cylindrique et verticale. Un corps de chaudière annulaire entoure lui-même ce coffre à air et la chambre de combustion. L'eau de ce corps de chaudière circule dans les tubes bordant cette chambre et est en communication avec le corps tubulaire voisin par deux larges tubulures situées l'une en haut et l'autre en bas.

Non seulement, dans le foyer Robin-Bang, l'air arrive sous la grille, mais encore il en arrive tout autour de la chambre de combustion pour que celle-ci soit complète et pour brûler les gaz qui s'échappent de la masse du combustible soumis à cet endroit à une sorte de distillation. Les flammes et les gaz chauds, sous l'influence de la dépression produite par le tirage, passent dans les tubes, puis entourent l'extérieur du corps tubulaire, avant de se rendre, vers l'arrière, aux carneaux de la cheminée.

M. Børinger installe aussi des chaudières horizontales enveloppées de maçonnerie. Dans



les deux cas, il régularise la pression par un régulateur automatique à membrane qui agit sur l'entrée de la grille. Enfin il fait le montage de la tuyauterie sans purgeur et avec robinet réglant la quantité de vapeur admise dans chaque poêle.

Chauffage Drevet et Lebigre. — Ces constructeurs ont combiné, avec une chaudière verticale tubulaire en tôle et maçonnerie, un foyer analogue à celui de leurs calorifères à air chaud, alimenté par une trémie avec plaque d'arrêt mobile manœuvrée de l'extérieur par un volant. Ce système de foyer permet de brûler des *grains* de charbon maigre, qui sont d'un prix inférieur aux gros morceaux de même charbon tout en ayant la même puissance calorifique. En outre, le foyer Drevet-Lebigre est à combustion continue ou intermittente, l'interruption de l'alimentation de la grille pouvant être faite très rapidement au moyen de la plaque d'arrêt. (Se reporter à la figure de la p. 47).

MM. Drevet et Lebigre emploient un régulateur à membrane réglant l'entrée d'air sous la grille, en même temps qu'il agit sur une porte qui, par son ouverture ou sa fermeture, coupe ou active le tirage de la cheminée. D'autre part,



pour remédier aux inconvénients d'une élévation anormale de pression, par suite d'un arrêt de fonctionnement du régulateur, un tube de sûreté, greffé à mi-hauteur de la chaudière, se remplit d'une colonne d'eau de hauteur correspondante à la pression de la chaudière. Si celle-ci dépasse la limite fixée, l'eau du tube de sûreté se déverse dans un seau, qui par son augmentation de poids, ouvre une large prise d'air sur la cheminée et coupe complètement le tirage. Il est nécessaire, en venant rechercher la cause du mauvais fonctionnement, de vider le seau pour rendre à la cheminée son tirage normal. Le système de distribution de vapeur n'offre rien de particulier, il se fait avec radiateurs ou batteries en caves.

Chauffage Nessi frères. — MM. Nessi emploient une chaudière en tôle enveloppée de maçonnerie. Elle est du type vertical tubulaire, avec trémie centrale de chargement alimentant le centre de la grille. Les gaz des foyers, après avoir parcouru les tubes, sont conduits par des carneaux ménagés entre la tôle et l'enveloppe de maçonnerie, tout autour de cette tôle, avant de s'échapper à la cheminée. C'est une chaudière à retour de flamme, qui a une meilleure utilisation de combustible que les chaudières



analogues non enveloppées. Si la maçonnerie d'une chaudière tient une place quelquefois importante, elle a l'avantage d'en augmenter le rendement et d'empêcher l'échauffement des caves par le rayonnement.

Le régulateur est à mercure et les variations de pression sont obtenues par un réglage de la position d'un contrepoids sur un levier qui équilibre la pression de la chaudière au dessus du mercure. L'appareil fait varier la quantité d'air envoyée sous la grille pour la combustion, mais, d'autre part, pour régulariser le tirage et avoir une dépression constante, une soupape équilibrée est placée au départ de la cheminée; elle permet des rentrées d'air automatiques dans cette cheminée.

La vapeur, au sortir de la chaudière, passe dans un réservoir dit séparateur d'eau, qui retient l'eau entraînée avec la vapeur et la fait retourner à la chaudière. Il est, en effet, très avantageux de n'envoyer dans les canalisations que de la vapeur sèche et presque tous les constructeurs cherchent à atteindre ce but. Le moyen qu'emploient MM. Nessi frères est, nous venons de le voir, un séparateur tout à fait indépendant de la chaudière.

L'appareil de sûreté, qui dispense des soupapes,



est hydraulique, avec système de réamorçage automatique. Il est branché, non pas comme dans d'autres systèmes, sur la chaudière même, mais sur le tube de prise de vapeur immédiatement après le séparateur. L'appareil de sûreté est un tube en siphon dont la grande branche est terminée par une boîte de large section et communiquant avec l'atmosphère ; en marche normale, l'eau contenue dans ce siphon équilibre la pression de la chaudière, mais si celle-ci augmente au delà du maximum prévu, le siphon se vide dans la boîte et fait communiquer le tube de prise de vapeur et, par conséquent, la chaudière avec l'atmosphère. Il y a chute de pression et un dispositif de tuyauterie permet à l'eau de revenir de la boîte dans le siphon pour le réamorcer et, de nouveau, constituer une soupape hydraulique.

MM. Nessi emploient les tubes de fer avec raccords en fonte malléable pour les conduites principales, et les tubes en cuivre avec raccords en bronze pour les conduites secondaires, le joint étant obtenu sans garniture. Leur système de distribution de vapeur, avec pression initiale de 150 grammes au maximum, est sans purgeurs avec robinets de réglage permettant de ne laisser passer que la quantité de vapeur qui peut être



condensée par les radiateurs à cette pression de 150 grammes. Le réglage du chauffage se fait, soit par les robinets, soit par le déplacement du contrepoids du régulateur de la chaudière qui modifie la pression initiale. La communication de la conduite de retour avec l'atmosphère est établie au moyen de deux événements placés chacun à une extrémité de cette conduite.

Il n'est quelquefois pas possible de descendre en cave — et c'est assez fréquent dans les maisons déjà construites —, une chaudière en tôle rivée ; dans ce cas, MM. Nessi placent des chaudières en fonte formées de plusieurs sections démontables, analogues au type de chaudière Sulzer que nous décrirons plus loin.

Les surfaces de chauffe que ces constructeurs préconisent sont les radiateurs enveloppés partiellement. Le radiateur, qui a de si grands avantages en chauffage à vapeur a, comme beaucoup d'autres surfaces de chauffe du reste, l'inconvénient de noircir les peintures immédiatement au dessus de lui. Les poussières en suspension dans l'air sont entraînées avec l'air chaud dans son mouvement ascensionnel et se collent au mur en laissant des traces noires. MM. Nessi ont imaginé une enveloppe (*fig. 15*) qui, par sa forme, ne recouvre que la partie supé-



rière du radiateur et protège le mur par der-

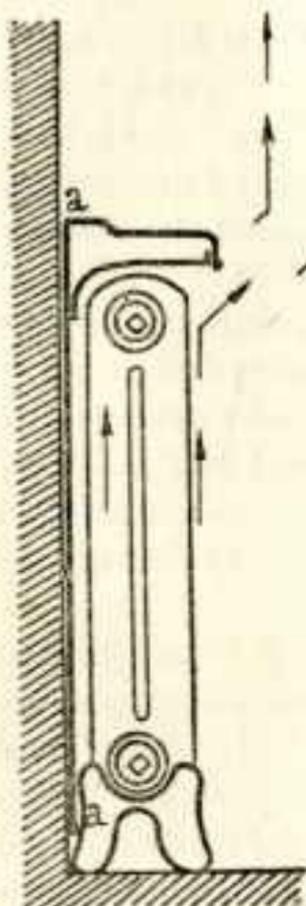


Fig. 15. — Enveloppe de radiateurs, système Nesi.

rière; l'appareil continue à chauffer par radiation, puisqu'il reste apparent, mais l'air chaud qui monte le long de ses parois est rejeté en avant par l'enveloppe et ne touche plus le mur. Les enveloppes d'une seule pièce, facilement détachables du mur pour le nettoyage, sont ornementées différemment pour chaque type courant de radiateurs, et tout en ne retirant rien aux qualités de ceux-ci, elles les rendent un peu moins disgracieux.

Chauffage Garnier, Courtaud et C^{ie}. — Ces constructeurs font usage d'une chaudière en tôle d'acier soudée, d'une seule pièce, sans tubes



de fumée ni aucun assemblage par rivets. La partie centrale est un vide, légèrement conique, qui sert de trémie de chargement et la tôle de chaudière forme des replis, de manière que des lames d'eau soient chauffées par le passage des flammes et des gaz entre deux parois de tôle. La maçonnerie qui l'enveloppe, laisse le passage de ces gaz dans des carreaux tout autour de la tôle, dans la partie inférieure d'abord, puis, en un dernier parcours, autour de la partie supérieure, avant leur évacuation dans la cheminée (*fig.* 16). L'utilisation du combustible est, en conséquence, aussi complète que possible, et ce type de chaudière a un rendement égal aux bonnes chaudières tubulaires; il a, de plus, l'avantage d'être plus robuste et d'être pour ainsi dire inusable.

La grille du foyer est mobile, de manière qu'il soit possible de faire tomber les cendres par la manœuvre d'un levier extérieur, sans ouvrir les portes de la devanture. La porte du foyer est munie de quelques petits trous, par lesquels de l'air entre pour brûler l'oxyde de carbone, qui se dégage de la partie du charbon dont la combustion est la moins active.

Sur le devant de la chaudière est montée une bouteille, dans laquelle se fait la prise de vapeur



par l'intermédiaire d'un séparateur d'eau et de vapeur, ainsi que le retour des eaux de condensation du circuit de chauffage. Les impuretés amenées par ces eaux se décantent dans cette bouteille et peuvent en être extraites par un robinet inférieur.

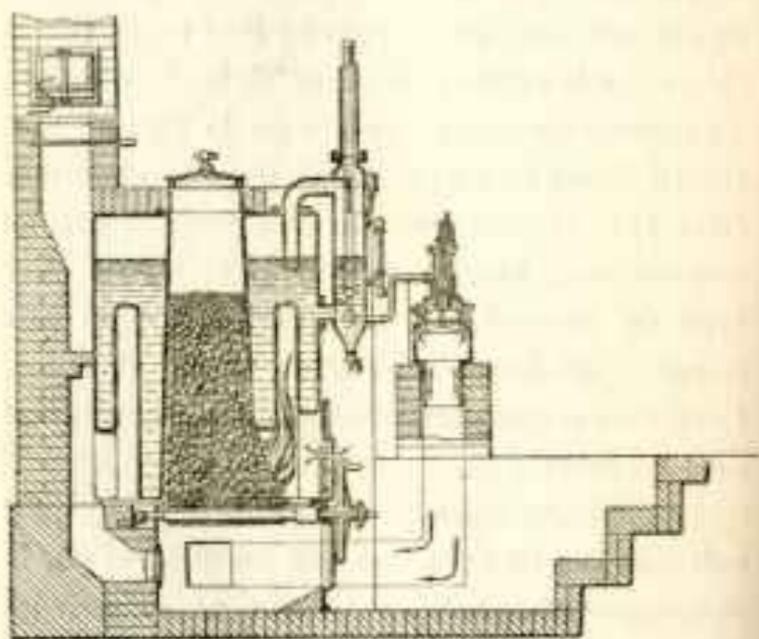


Fig. 16. — Chaudière et régulateur Garnier, Courtaud et Cie, (coupe par l'axe du foyer).

Le régulateur de pression et de combustion est à mercure sans aucun levier ni organes de renvoi de mouvement, qui sont souvent dans ces appareils sujets à des dérangements.



Il se compose de deux vases communiquants contenant du mercure, l'un reçoit la pression de la chaudière, l'autre est à air libre et renferme un flotteur annulaire qui suit les changements de niveau du mercure produits par les variations de pression à la chaudière. Ce flotteur est relié directement à une tige verticale, au bas de laquelle est un clapet très léger qui ouvre ou ferme, dans le socle du régulateur, une entrée d'air communiquant, par un carneau, avec le dessous de la grille. Ce clapet suit donc le mouvement du flotteur, mais, pour qu'il soit possible de lui faire fermer complètement l'air de combustion à une pression maxima déterminée, la tige verticale du clapet est filetée et, au moyen d'une vis, il est possible d'allonger ou de raccourcir cette tige et ainsi de rapprocher ou d'éloigner le point de fermeture du clapet. Un indicateur monté sur la tige filetée et suivant son mouvement, permet de lire sur une échelle le degré de réglage de l'appareil.

Un régulateur de tirage est placé à la base de la cheminée et sert à maintenir une dépression constante. Il est constitué par une lame de mica dont le poids est réglé et qui se soulève sous l'effet d'un excès de tirage, pour laisser passer une certaine quantité d'air froid. Un registre à



main, placé à côté, sert à régler le tirage concurrentement avec le régulateur.

L'appareil de sûreté est constitué par une caisse d'expansion à air libre, dans laquelle, sous une pression anormale, une partie de l'eau de la chaudière monte; celle-ci se trouve alors en communication avec l'atmosphère, la pression s'abaisse et l'eau de la caisse d'expansion retourne à la chaudière par un tube de retour.

MM. Garnier, Courtaud et C^{ie} emploient, comme surfaces de chauffe, presque tous les types courants du commerce : tuyaux et poêles à ailettes, tuyaux pour colonnes dans les murs, radiateurs; ils fabriquent aussi des tuyaux en cuivre rouge avec ailettes en fer embouties et rapportées, qui se placent sous des enveloppes ou même sous des plinthes en tôle perforée.

La distribution de vapeur est faite par ces constructeurs, sauf des cas particuliers, sans purgeurs d'air, les retours étant à air libre, au moyen d'un robinet, dit « sanitaire », qui est représenté par la *fig. 17*.

Ce robinet est à soupape interchangeable. Le siège sur lequel la soupape vient s'appliquer étant d'un diamètre d'orifice invariable, il est possible, en plaçant des soupapes de différentes



grosseurs, d'ouvrir plus ou moins l'orifice pour une même position du volant de manœuvre.

Aussi la soupape s'appelle-t-elle *régulateur d'orifice*. Lorsque le constructeur a terminé le montage de la canalisation et veut régler la distribution de vapeur à chaque radiateur pour une pression constante à la chaudière, il doit chercher, d'abord par un calcul approximatif et ensuite par tâtonnements, quel est l'orifice maximum qui laisse passer la quantité maxima de vapeur que le radiateur peut condenser. Il munit donc successivement la tige du robinet de régulateurs d'orifice de

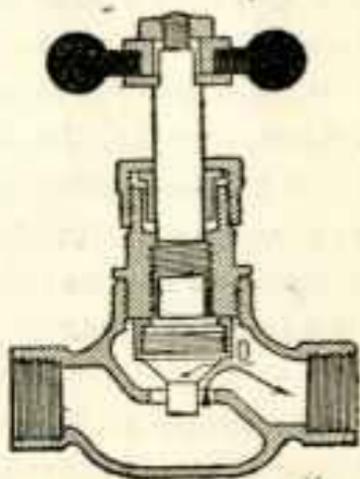


Fig. 17. — Robinet de réglage de Garnier, Courtaud et Cie (régulateur d'orifice).

diamètres différents, variant par dixième de millimètre, jusqu'à ce que le résultat soit obtenu. La forme tronconique, suivie d'une partie cylindrique, permet, en outre, de donner de la sensibilité au réglage du robinet pour les positions intermédiaires entre l'ouverture maxima et la fermeture absolue. En effet, par une ou-



verture progressive, la quantité de vapeur admise variera et la quantité de chaleur donnée par le radiateur variera également. Le réglage ne peut être fait que par le constructeur qui seul possède des régulateurs d'orifice de rechange; il ne peut donc pas être modifié par une personne inexpérimentée, le dérèglement est impossible.

D'autre part, pour une même position du robinet, une variation de température sera obtenue par une diminution ou une augmentation de pression à la chaudière. C'est là un moyen général de régler en même temps le chauffage de tous les radiateurs.

Chauffage Sulzer. — La maison Sulzer frères, de Winterthur (Suisse), emploie plusieurs types de chaudières. Jusqu'à une surface de chauffe de 13 mètres carrés, qui est une dimension correspondant à un chauffage déjà important demandant environ 100 000 calories à l'heure, elle installe des chaudières en fonte à sections sans maçonnerie. Pour les puissances supérieures, elle construit une chaudière en tôle d'acier horizontale avec foyer intérieur, tubes de fumée pour les retours de flammes et munie aussi de quelques tubes Field derrière l'autel du



foyer, dans le but d'activer la circulation. Ce type de chaudière, fait pour des installations exigeant entre 100 et 300 mille calories à l'heure, est enveloppé de maçonnerie et demande une assez grande place pour son installation.

Un troisième type de Sulzer est une chaudière verticale avec trémie de chargement centrale, départ des gaz chauds dans des tubes, retour de flamme dans des tubes concentriques aux premiers. Ce type n'est pas enveloppé de maçonnerie, il est simplement protégé contre le refroidissement par un recouvrement isolant.

La chaudière en fonte à sections (*fig. 18*) est le type le plus couramment employé par la maison Sulzer dans les maisons d'habitation. Elle convient aux installations pour lesquelles on ne dispose que d'un local restreint pour loger la chaudière, ou lorsque les abords de ce local (escaliers ou couloirs) empêchent l'introduction d'une chaudière d'une seule pièce.

Cette chaudière est constituée par un certain nombre de sections en forme de fer à cheval, reliés les uns aux autres, en bas et en haut, par des bagues filetées. Un réservoir en fonte, cylindrique, et placé horizontalement au-dessus des sections, communique avec chacune d'elles par des joints à brides et constitue le dôme de vapeur;



(lorsque ces chaudières sont employées pour le chauffage à eau chaude, le réservoir est supprimé).

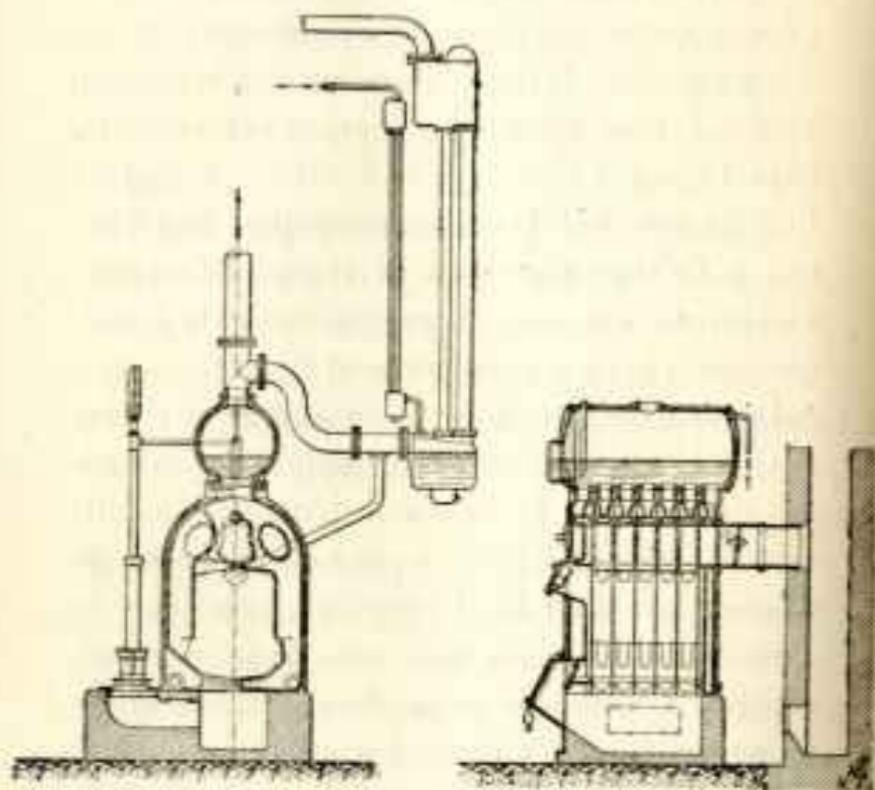


Fig. 18. — Chaudière Salzer à sections (coupe longitudinale et coupe transversale avec régulateur et appareils de sûreté).

Sur la section de devant sont ménagés la porte de chargement, celles du foyer et du cendrier et les tampons de ramonage ; la section arrière comprend le tuyau de départ de fumée et les rac-



cords de retours d'eau. Sur le dôme de vapeur sont placées les prises de vapeur et l'indicateur de niveau d'eau.

La partie inférieure de chaque élément forme une section de la grille et est remplie d'eau comme le reste de la section et, de plus, cette partie est séparée en deux pour permettre la libre dilatation.

Le centre des éléments juxtaposés forme un magasin de combustible sans trémie, contrairement à la plupart des autres types de chaudières. Les gaz de la combustion passent directement, à droite et à gauche de la grille, et sur les côtés, dans des carreaux latéraux verticaux, entrent ensuite dans deux canaux et passent dans un canal central à la partie supérieure, pour se rendre à la cheminée.

La régulation de pression est obtenue par un appareil à mercure qui agit sur l'air de combustion envoyé sous la grille de la chaudière. Ce régulateur se compose de deux tubes verticaux et concentriques. Le tube intérieur communique par le haut avec le dôme de vapeur, et plonge par son extrémité inférieure ouverte dans le mercure que contient le tube extérieur. Celui-ci pouvant glisser le long du premier, repose sur un levier muni de contrepoids et de clapets, lesquels



admettent ou interceptent l'air de combustion suivant leur position. La pression de vapeur s'élevant fait monter le mercure dans le tube extérieur, en augmente le poids et met en mouvement le levier qui ferme les clapets. Si la pression diminue le mercure remonte dans le tube extérieur, allège le tube relié aux clapets et ceux-ci s'ouvrent de nouveau.

La chaudière Sulzer est, en outre, munie d'un appareil de sûreté hydraulique composé de deux récipients placés l'un au-dessus de l'autre, avec une différence de niveau de 1^m,50 à 2 mètres, suivant la pression de marche, et communiquant par deux tubes, dont l'un de gros diamètre plonge en fonctionnement normal dans de l'eau contenue dans le récipient inférieur. Celui-ci étant en communication avec la conduite de départ de vapeur, l'eau contenue dans le gros tube équilibre la pression, mais si celle-ci augmente et refoule l'eau jusque dans le récipient supérieur, la chaudière est mise en communication avec l'atmosphère par le gros tube et le récipient supérieur. La pression s'abaisse rapidement et l'eau redescend par le second tube dans le récipient inférieur. Un appareil plus petit et placé à côté fonctionne d'une manière analogue, et un peu avant l'appareil de sûreté,



pour mettre en fonction un sifflet avertissant de l'irrégularité de fonctionnement de la chaudière.

Le robinet de réglage de MM. Sulzer est une sorte de robinet à boisseau ne pouvant faire qu'environ un quart de tour autour de son axe. Un système de limitation de course placé à l'extérieur du robinet et relié au volant permet de limiter l'ouverture du robinet correspondant à la quantité de vapeur à distribuer au radiateur desservi.

La canalisation de retour est en communication avec l'atmosphère en un point central, généralement près de la chaudière, et les purgeurs d'air automatiques ne sont plus employés.

MM. Sulzer emploient des poêles en fonte à ailettes de modèles qui leur sont propres et ont été étudiés par eux ; ces appareils sont généralement enveloppés et chauffent indirectement avec circulation d'air. Ils font aussi beaucoup d'installations avec des radiateurs apparents et combinent même, comme cela se fait davantage en Allemagne et en Suisse qu'en France, les radiateurs avec appel d'air extérieur pour la ventilation. A cet effet, l'air pris à l'extérieur par une ventouse est amené sous le radiateur qui possède un petit registre permettant de modérer à volonté la quantité d'air pris au dehors. Le radia-



teur est toujours apparent mais quelques petites modifications y sont apportées pour permettre à l'air de s'échauffer contre ses parois.

Chauffage Kœrting. — Pour les installations petites et moyennes, la Société française d'exploitation des appareils Kœrting construit des chaudières en fonte à éléments juxtaposés analogues à la chaudière à section de Sulzer.

Pour les grandes installations, elle fait emploi de chaudières en tôle, tubulaires, horizontales avec foyer^o vertical en fonte formé d'éléments creux, constituant, dans son ensemble, la grille, le magasin de combustible et la trémie de chargement. Un large collecteur fait communiquer la chaudière proprement dite avec les éléments creux du foyer, et la chaudière seule est enveloppée de maçonnerie qui ménage les carneaux de circulation de fumées.

Comme dans la chaudière Sulzer, la grille à circulation d'eau reste à basse température et il n'y a pas adhérence sur elle de mâchefers comme dans bien des systèmes de foyer.

Le régulateur Kœrting (*fig. 19*) est basé sur les effets directs du changement d'un niveau d'eau sous l'influence de la pression de vapeur, il est combiné avec un tube de sûreté. Un réci-



pient placé devant la chaudière communique dans le bas avec elle au-dessous du niveau d'eau, et, par le haut, avec la chambre de vapeur. Un deuxième récipient, disposé à une hauteur un peu plus grande que celle correspondant à la pression normale de la chaudière, communique avec le récipient inférieur par deux tuyaux, dont l'un (celui de gauche sur la figure) sert de prise de vapeur générale et l'autre, celui de droite, débou-

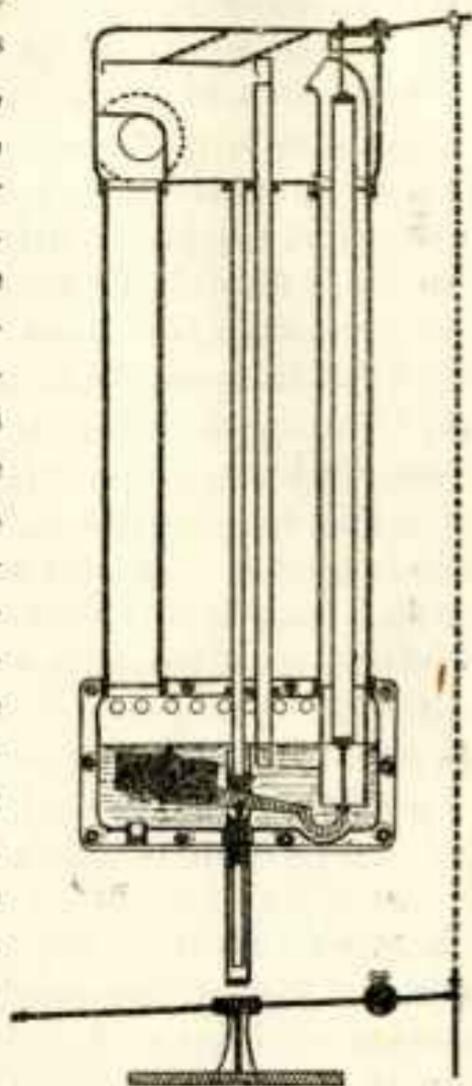


Fig. 19. — Coupe du régulateur Korting.



che dans le récipient supérieur qui communique avec l'atmosphère.

Dans le récipient inférieur est disposé un flotteur à l'extrémité d'un levier, à l'autre bout duquel est un autre flotteur vertical, placé à l'intérieur du tuyau de communication de droite. Ce flotteur est relié par des leviers et des chaînes à un levier fixé près du foyer, équilibré par un contrepoids mobile, et qui commande deux clapets dont l'un admet de l'air sous la grille et l'autre envoie cet air dans la cheminée pour diminuer le tirage. C'est par le déplacement du contrepoids mobile qu'on règle l'appareil et qu'on fait varier le moment de fermeture des clapets. Lorsque la chaudière est remplie d'eau, le flotteur est immergé dans le récipient, le flotteur du tube s'abaisse et ouvre l'air de combustion. Si la pression de vapeur augmente, l'eau du récipient monte dans le tube, le flotteur n'est plus immergé et s'abaisse; un mouvement inverse se produit, le clapet se referme. Si la pression continue à monter, le tuyau de droite agit comme tube de sûreté de la même façon que celui que nous avons décrit dans la chaudière Sulzer. L'eau du récipient inférieur se déverse dans celui du haut et la chaudière se trouve être en communication avec l'atmosphère



par le tube ; la pression s'abaissant, l'eau retombe au récipient inférieur par un tube de petit diamètre. Enfin un autre tube muni d'un sifflet avertit du fonctionnement anormal de l'appareil.

Tous ces appareils de chauffe, poêles à ailettes ou radiateurs, sont montés sans purgeur, tous les retours communiquant avec une conduite d'air placée en cave. L'entrée de vapeur dans ces appareils est réglée par un robinet à course limitée.

Dans les radiateurs, la vapeur est introduite par des tuyères d'injection qui la distribuent sous forme de jets minces. Cette vapeur sortant avec une certaine vitesse se mélange intimement avec l'air contenu dans le radiateur et le met en circulation en produisant d'un bout à l'autre du radiateur une température uniforme et modérée, plus ou moins élevée suivant la quantité de vapeur introduite.

Chauffage Leroy. — MM. Leroy et C^{ie} font emploi d'une chaudière verticale en tôle rivée tubulaire, sans maçonnerie, et munie d'un régulateur à membrane perfectionné. La disposition générale de la distribution de vapeur est celle que nous avons déjà citée pour les autres



systèmes et le robinet de réglage employé est un robinet dit « progressif » à deux boisseaux.

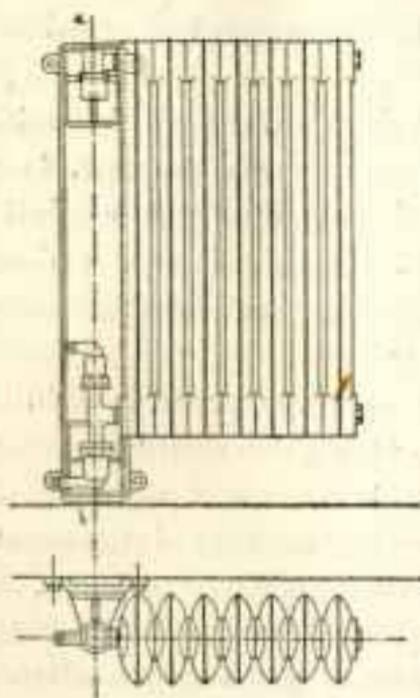


Fig. 20. — Radiateur tournant de Leroy et C^e (Élévation et projection horizontale).

L'un de ces boisseaux est réglé par le constructeur, l'autre est muni d'un volant extérieur et peut être manœuvré par celui qui fait usage du chauffage. MM. Leroy et C^e qui installent, comme tous leurs confrères, du reste, des radiateurs américains, ont imaginé un modèle de radiateur tournant autour d'un axe vertical pour rendre possible les nettoyages. Cette invention répond à la demande de certains hygiénistes qui déplorent l'impossibilité de nettoyer les poêles et radiateurs fixes ordinaires sans recourir à un démontage (fig. 20).

L'un de ces boisseaux est réglé par le constructeur, l'autre est muni d'un volant extérieur et peut être manœuvré par celui qui fait usage du chauffage. MM. Leroy et C^e qui installent, comme tous leurs confrères, du reste, des radiateurs américains, ont imaginé un modèle de radiateur tournant autour d'un axe vertical pour rendre possible les nettoyages. Cette invention répond à la demande de certains hygiénistes qui déplorent l'impossibilité de nettoyer les poêles et radiateurs fixes ordinaires sans recourir à un démontage (fig. 20).



Chauffage Pommier et Delaporte. — Ces constructeurs ont étudié des chaudières tubulaires verticales et horizontales avec foyer indépendant et trémie de chargement. Comme pour les chauffages à eau chaude, ils emploient beaucoup le chauffage indirect par colonnes de tuyaux à lames verticales placées dans les murs ou dans des gaines, avec prise d'air par ventouse à un étage pour chauffer l'étage supérieur. Cette disposition, qui ne peut être prise que pendant la construction de la maison, a l'avantage de dissimuler entièrement la tuyauterie et les surfaces de chauffe; il a, de plus, celui de ventiler, mais il a l'inconvénient de ne pas être réglable par des robinets indépendants à chaque pièce chauffée.

Chauffage Grouvelle et Arquembourg. — Cette maison est une des premières qui, en France, a fait des applications de chauffage à vapeur. On lui doit de grands perfectionnements dans le chauffage à basse pression, qu'elle a rendu ainsi pratique dans les habitations.

La chaudière qu'elle emploie le plus généralement pour des installations petites et moyennes est en tôle rivée, tubulaire, verticale avec trémie



centrale de chargement (*fig. 21*). La grille du foyer est mobile, c'est-à-dire qu'elle peut être secouée au moyen d'un levier extérieur ; tout autour du foyer sont ménagés des trous qui laissent entrer de petites quantités d'air nécessaires à la combustion complète de l'oxyde de carbone qui se dégage et qui, sans cet air, s'échapperait par les tubes de fumée sans s'enflammer. Cette chaudière n'est pas maçonnée, mais elle est enveloppée partout d'enduit calorifuge.

Une haute bouteille en fonte annexée à la chaudière (à gauche de la figure), et communiquant avec elle par deux larges tubulures, porte le tuyau de départ de vapeur, le tuyau des retours, l'indicateur du niveau d'eau et le tube de sûreté ; sa partie supérieure forme séparateur d'eau et de vapeur, sa partie basse, collecteur d'impuretés des retours.

Le régulateur de pression et de combustion est fort simple, très sensible et permet avec la plus grande facilité la modification du maximum de la pression, pour le réglage général de la température de l'habitation. Il se compose de deux vases communicants remplis de mercure, (à droite de la figure), dont l'un est fermé et relié par un tube à la chambre de vapeur de la chaudière et dont l'autre est ouvert à air



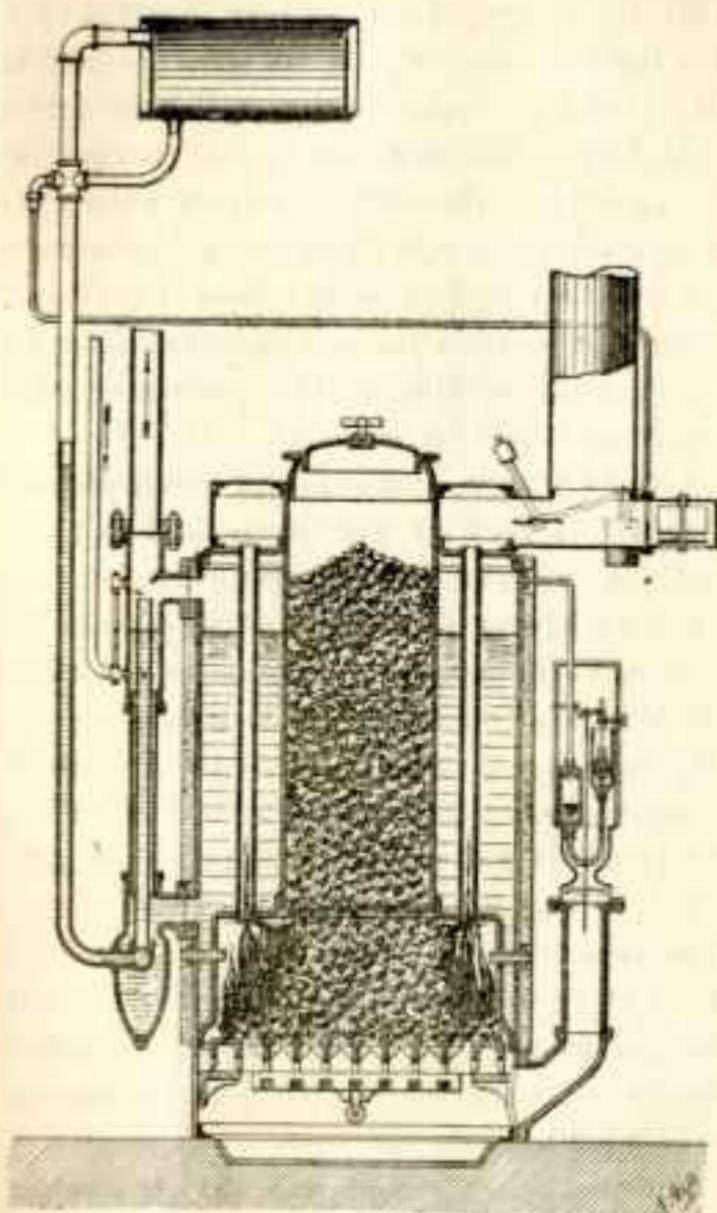


Fig. 21. — Chaudières et régulateur de MM. Grouvelle et Arquembourg (coupe transversale par l'axe).



ULT:MHEAT[®]
VIRTUAL MUSEUM

libre mais contient un flotteur prolongé par une tige à crémaillère. En un point de celle-ci est attaché un petit levier à l'autre extrémité duquel est fixée une petite tringle légère, qui passe entre les deux vases à mercure et descend jusqu'à la boîte de prise d'air, où elle est munie d'un large clapet très léger. Lorsque la pression varie, le mercure change de niveau pour équilibrer cette pression et cette dénivellation met en mouvement le flotteur, la tige et la tringle, qui ferme ou ouvre plus ou moins le clapet d'air, suivant le sens ou l'importance de la variation de pression.

Les variations du maximum de pression de marche, en dessous du maximum prévu par le constructeur, s'obtiennent par le déplacement, le long de la tige à crémaillère, du point d'attache du petit levier; déplacement qui modifie la distance entre le flotteur et le levier et, par conséquent, change la course donnée au clapet d'air. Pour cela, une vis, munie d'une molette extérieure et d'un index très visible se déplaçant sur une échelle des différentes pressions, fait monter ou descendre la pièce sur laquelle est fixée le petit levier.

Lorsque, pour une cause anormale, la pression dépasse la limite fixée, le tube de sûreté de la



chaudière entre en fonction et, au même moment, le régulateur, ayant atteint son déplacement total, s'accroche à une petite came, devient fixe et le clapet d'air reste complètement fermé jusqu'à ce qu'on vienne décrocher l'appareil.

Le tube de sûreté monte jusqu'à un vase d'expansion à air libre, placé au-dessus de la chaudière à une hauteur convenable, dans lequel l'eau poussée par un excès de pression, se déverse et la chaudière est en communication rapide avec l'atmosphère. En même temps, une partie de cette eau se déverse par un petit tube jusqu'à un seau dont l'augmentation de poids ferme un registre sur le conduit de fumée. La pression étant retombée à la normale, le tube de sûreté se réamorçait seul, par le retour d'eau du vase d'expansion, mais il est nécessaire qu'on vienne remettre le registre de fumée en place en vidant le seau, en même temps qu'on remet en fonction le régulateur.

De plus, la chaudière Grouvelle est munie d'un régulateur de dépression à la cheminée.

MM. Grouvelle et Arquembourg ont été les premiers à faire emploi des petits tuyaux de cuivre, avec raccords rapides en bronze sans garniture. La *fig. 23* donne le dessin des deux types de joints qu'ils ont imaginés. L'un dit



« velox » comporte deux pièces de raccords sans brasure. Au moyen d'un outil spécial, les deux extrémités des tubes à réunir sont rabattus. Les collets, formés par ce rabattement, sont courbes et les raccords qui vont les serrer l'un

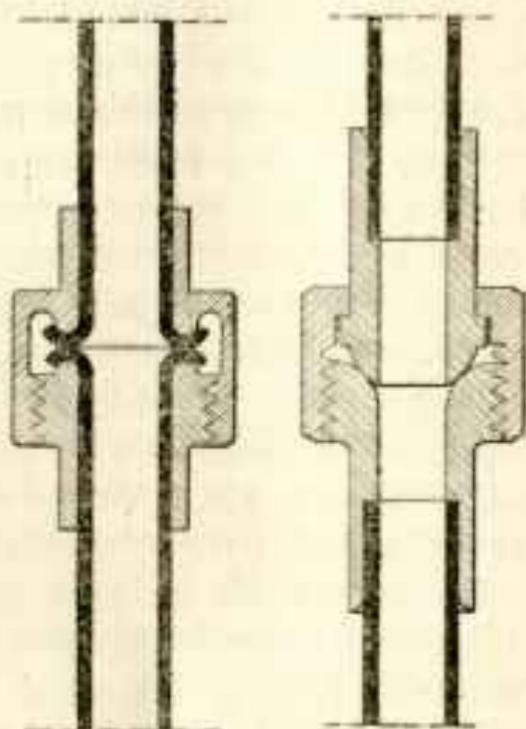


Fig. 22. — Jointe Grouvelle et Arquembourg pour tuyauterie de cuivre « velox » et « loco-sphérique ».

contre l'autre ont une forme semblable. L'étanchéité du joint est obtenue simplement par le serrage qui applique les deux collets suivant une très petite surface circulaire de contact



Ce joint, très simple à faire, exige une qualité irréprochable de tuyau en cuivre sans soudure. Il ne peut être bien exécuté qu'avec du cuivre électrolytique de toute première qualité. De plus, quelquefois à la suite de dilatations et de retraites fréquents, les collets se fatiguent et le joint doit être refait.

Le second système de joint Grouvelle et Arquembourg est le joint « toro-sphérique ». A l'inverse du premier, les tubes de cuivre ne sont plus rabattus, mais sont brasés sur le raccord qui comprend trois pièces au lieu de deux. Deux des pièces, qui prolongent les tubes, sont serrées l'une contre l'autre par la troisième. La forme des deux parties de contact rappelle, comme le nom l'indique, celui d'un tore et, comme dans le cas du velox, l'étanchéité est obtenue par le contact de deux surfaces très petites qui se réduisent théoriquement à une ligne c'est-à-dire à une circonférence. Le joint toro-sphérique, un peu moins simple que le joint velox, ne nécessite pas, comme lui, une qualité de cuivre irréprochable très difficile à obtenir, mais les raccords doivent être rigoureusement bien exécutés.

La maison Grouvelle et Arquembourg emploie, dans les habitations exclusivement, la distribution sans purgeur avec condensation totale de la



vapeur dans les poêles et retour à air libre. Le robinet de réglage avec lequel elle a fait de nombreuses installations depuis une dizaine d'années, est le robinet à pointeau à siège interchangeable. Contrairement au robinet de la *fig. 17*, le robinet est à soupape fixe en forme de cône très effilé ; le siège est mobile et peut être remplacé par des sièges à sections d'orifice différentes de dixième en dixième de millimètres, parmi lesquels on choisit celui qui convient à l'alimentation du poêle desservi par le robinet. Ces sièges mobiles se nomment des « jauges » ou des « diaphragmes ». Le robinet pointeau n'est muni d'aucune indication extérieure permettant de juger s'il est ouvert ou non.

Le robinet « revolver », d'un emploi plus récent que le précédent, permet de se rendre compte à première vue de son degré d'ouverture (*fig. 23*). La soupape et le siège sont remplacés par un diaphragme plat, dont les faces sont dressées, et qui est percé de quatre orifices : le plus grand ayant une section suffisante pour utiliser toute la surface de chauffe, les trois autres ayant une section égale aux $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{3}$ et $\frac{1}{4}$ de cette section. Le volant de manœuvre, portant les quatre indications correspondantes et



une cinquième pour la fermeture, se meut devant un index fixe servant de repère à la personne qui veut ouvrir ou fermer plus ou moins le robinet. Le diaphragme est interchangeable avec d'autres, dont les orifices sont différents et celui qui convient est choisi par le constructeur au moment du réglage de l'installation.

Les surfaces de chauffe employées par la maison Grouvelle et

Arquembourg, sont des poêles et tuyaux à ailettes enveloppés, des radiateurs

apparents et aussi des tuyaux de cuivre à ailettes en fer peu

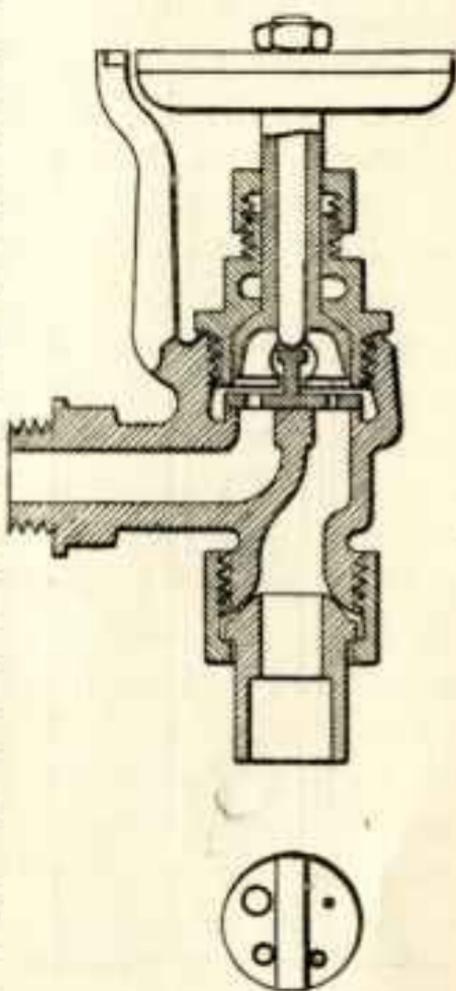


Fig. 23. — Robinet « rotateur » Grouvelle et Arquembourg (coupe et projection horizontale du diaphragme à 4 trous).



encombrants qu'elle a imaginées pour le chauffage sous plinthe.

La *fig. 24* indique en coupe la disposition

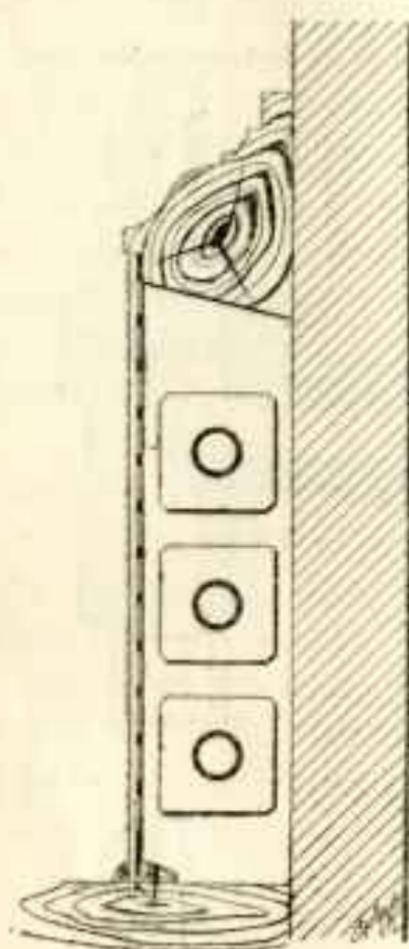


Fig. 24. — Disposition Générale et Anquetournaz pour le chauffage sous plinthe.

donnée à 3 tuyaux sous plinthe dont la saillie est de 70 millimètres seulement, la largeur des ailettes n'étant elle-même que de 50 millimètres. La plinthe est constituée par une tôle perforée fixée, d'une part, sur la moulure supérieure et, d'autre part, sur le parquet contre un taquet. La hauteur de plinthe pour 3 tuyaux est environ de 270 millimètres.

Cette disposition a l'avantage de dissimuler entièrement la tuyauterie, il n'y a absolument que



le volant du robinet qui est en dehors de la plinthe. Elle a quelquefois l'inconvénient d'occuper une place réservée à un gros meuble et si le constructeur désire réserver cette place, il ne trouve pas toujours dans la pièce la longueur nécessaire pour loger la quantité de tuyaux correspondant à la surface de chauffe nécessaire.

Le même tuyau de cuivre à ailettes en fer est installé souvent par la maison Grouvelle dans les jambages de cheminées où il est enroulé en serpentín et le tuyau de vapeur, qui dessert celui-ci, passe sous la plinthe voisine venant d'un dégagement de l'appartement où se trouve la conduite principale. Le côté du jambage est fermé par une tôle perforée ou une grille ornée, au bas de laquelle entre l'air frais pour sortir chaud en haut (*fig. 25*). C'est là une solution élégante du chauffage par la vapeur dans les salons et pièces où des radiateurs sont disgracieux, d'autant plus qu'elle ne prive pas, pour l'usage ordinaire, du foyer de la cheminée.

Régulateurs automatiques de température. — MM. Grouvelle et Arquembourg ont étudié des appareils permettant de régler à distance la température de certains locaux, ils ont ensuite rendu ces appareils automatiques. La



régulation de la température a une très grande utilité dans les installations importantes de chauffage des grands bâtiments ou celles com-

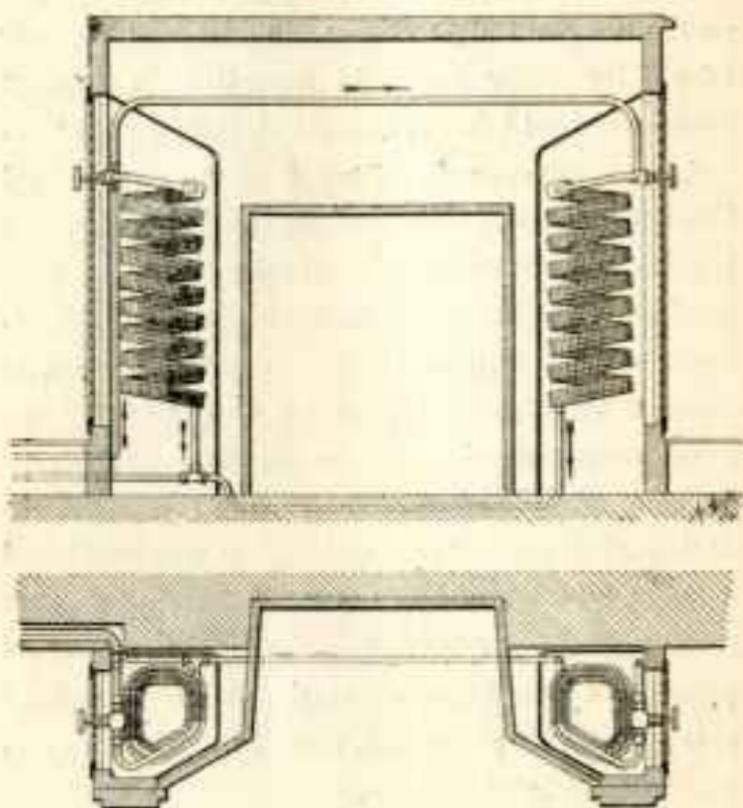


Fig. 25. — Poêles Grovelle et Arquembourg dans les jambages d'une cheminée.

prenant plusieurs bâtiments, avec chaufferie unique et centrale ; c'est le cas des hôpitaux ou des écoles. La distance assez grande séparant



la chaufferie des bâtiments obligé à donner à la vapeur une pression initiale assez forte et à la détendre plus ou moins suivant cette distance ; mais pour arriver à maintenir une température uniforme dans les locaux, la maison Grouvelle installe des détendeurs-régulateurs de pression commandés à distance par une canalisation d'air comprimé, dont le mécanicien de la chaufferie fait varier lui-même la pression, suivant les températures des divers locaux. Ces températures lui sont indiquées par des thermomètres électriques à maxima et à minima. La surveillance et la manœuvre, demandées au mécanicien, peut être remplacée par une manœuvre automatique de l'air comprimé, au moyen d'un thermomètre métallique placé dans les locaux à chauffer. Ce thermomètre, par ses variations de dilatation, ouvre ou ferme une petite soupape, qui fait diminuer ou augmenter la pression d'air comprimé agissant sur le régulateur-détendeur de vapeur.

Pour les chauffages à très basse pression employés dans les habitations, ou dans certaines étuves, MM. Grouvelle et Arquembourg emploient, non plus de l'air comprimé, mais de l'air raréfié obtenu par un éjecteur à vapeur. Une conduite relie cet éjecteur avec un appareil automatique



dit « transmetteur » qui, au moyen d'un thermomètre métallique, modifie la dépression produite par l'éjecteur, suivant la température du local où ce thermomètre est placé. Une autre conduite met en communication le transmetteur avec un appareil « récepteur » qui utilise les variations de dépression produites pour manœuvrer, non plus un détendeur-régulateur, mais une valve placée sur la conduite de vapeur qui dessert le local. Le récepteur se compose de deux vases communiquants concentriques remplis en partie d'huile, l'un fermé, reçoit la conduite d'air raréfié, l'autre à air libre, contient un flotteur qui suit les dénivellations de l'huile et transmet son mouvement à la valve.

En réalité, ce régulateur automatique est assez sensible pour que, après quelques oscillations, le flotteur n'occupe plus les positions extrêmes d'ouverture ou de fermeture de la valve, mais une position intermédiaire et la température ne varie plus sensiblement.

Le régulateur à air raréfié peut s'appliquer concurremment avec le régulateur de pression à mercure, qui commande la combustion de la chaudière, mais alors l'appareil récepteur n'agit plus sur une valve de vapeur, il actionne le clapet d'entrée d'air sous la grille. Dans ce cas, le régu-



lateur sert à limiter la pression maxima de fonctionnement de la chaudière, il est réglé une fois pour toutes à cette pression et ne sert que d'appareil de sécurité.

CHOIX DES APPAREILS DE CHAUFFAGE PAR LA VAPEUR A BASSE PRESSION

Après l'étude des différents appareils calorifères que nous avons faite pour l'habitation, il est facile de conclure que c'est le chauffage à vapeur à basse pression, *bien installé*, qui réunit le maximum d'avantages sur les systèmes à air chaud et à eau chaude. Nous avons vu que ces avantages sont la souplesse, l'économie de combustible, le grand rayon d'action, le minimum d'encombrement, la salubrité, surtout si on peut le combiner avec une ventilation, la facilité d'installation, etc., auxquels peut s'ajouter celui de pouvoir fournir de l'eau chaude pour les bains et les toilettes.

Mais, pour mettre bien en valeur ces avantages dans chaque cas particulier, il faut choisir judicieusement le genre d'appareils de chauffage qui convient à ce cas. Considérant que presque tous



les systèmes actuels de chaudière et de régulateurs se valent, comme les différents montages de canalisations à deux tuyauteries (vapeur et eaux de retour), l'attention de l'architecte doit se porter sur le système de surfaces de chauffe qui doit être en rapport avec le genre de l'habitation, le goût du propriétaire et la température à obtenir. Dans la plupart des cas, l'architecte s'arrêtera à une combinaison des divers appareils et il placera le chauffage indirect par batteries en cave pour le rez-de-chaussée et l'escalier, le chauffage direct par radiateurs dans les dégagements et les cabinets de toilette, salles de bains; le chauffage indirect par colonne dans une gaine verticale pour les antichambres et les pièces de réceptions, à condition que la gaine puisse être ouverte et la tuyauterie visitée du côté d'une pièce secondaire (office, couloir). Dans les chambres à coucher, il ne faudra mettre que des appareils réglables, tuyaux sous plinthe devant les fenêtres, ou radiateurs apparents, ou poêles dans les jambages de cheminées.

Enfin s'il s'agit de bien ventiler en même temps que de chauffer, des ventouses sous parquet devront être établies, en bons matériaux, et amener l'air d'une façade principale, et non d'une courette, à un poêle à ailettes enveloppé



d'un coffre ou mieux encore sous un radiateur apparent.

Le chauffage à vapeur n'est plus un système délicat et sujet à des dérangements fréquents, comme il l'était il y a quelques années ; ses perfectionnements permettent de l'installer en toute sécurité dans l'habitation, mais une étude approfondie, faite par l'architecte et le constructeur, est préalablement nécessaire pour que l'utilisation de tous ses avantages soit complète.



TABLEAUX

Tableau A. — COEFFICIENT DE TRANSMISSION ENTRE
UNE ENCEINTE HAUTÉE ET L'ATMOSPHÈRE, PAR
MÈTRE CARRÉ DE SURFACE.

$$M = Q(t - \theta) \quad \frac{1}{Q} = \frac{1}{K} + \frac{e}{C} + \frac{1}{K'}$$

$$K = r + f \quad K' = r' + f' \quad f = 4 \quad f' = 5$$

t , température intérieure ;

θ , température extérieure ;

e , épaisseur de la paroi en mètre ;

C , coefficient de conductibilité ;

r, r' , coefficients de rayonnement des surfaces
intérieure et extérieure ;

f, f' , coefficients de convection à l'intérieur et à
l'extérieur.





Tableau A

Épaisseur du mur en mètres e	Valeur du coefficient Q	Écarts de température entre l'enceinte habitée et l'atmosphère										
		15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°
0,65	1,53	22,9	24,5	26,0	27,5	29,1	30,6	32,1	33,6	35,2	36,7	38,3
0,70	1,46	21,9	23,3	24,8	26,3	27,7	29,2	30,6	32,1	33,6	35,0	36,5
0,75	1,40	21,0	22,4	23,8	25,3	26,6	28,0	29,4	30,8	32,3	33,6	35,0
0,80	1,34	20,1	21,4	22,8	24,1	25,3	26,8	28,1	29,5	30,8	32,1	33,5
0,85	1,29	19,4	20,6	21,9	23,2	24,5	25,8	27,1	28,4	29,7	31,0	32,3
0,90	1,24	18,6	19,8	21,1	22,3	23,5	24,8	26,0	27,3	28,5	29,8	31,0
0,95	1,19	17,8	19,0	20,2	21,4	22,6	23,8	25,0	26,2	27,4	28,5	29,7
1,00	1,15	17,2	18,4	19,5	20,7	21,8	23,0	24,1	25,3	26,4	27,6	28,7

1^o Murs extérieurs, en pierres calcaires, avec une face nue ou enduite de plâtre et l'autre face enduite et peinte à l'huile ou recouverte de papier.

3^e Murs extérieurs, en briques, avec une face nue ou enduite, de plâtres, et l'autre face peinte à l'huile ou recouverte de papier.

0,09	2,42	36,30	38,79	41,14	43,56	45,98	48,40	50,82	53,24	55,66	58,08	60,50
0,14	2,23	33,45	35,68	37,91	40,14	42,37	44,60	46,83	49,06	51,29	53,52	55,75
0,25	1,58	23,70	25,28	26,86	28,44	30,02	31,60	33,18	34,76	36,34	37,92	39,50
0,36	1,23	18,45	19,58	20,71	22,14	23,37	24,60	25,83	27,06	28,29	29,52	30,75
0,47	1,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00
0,58	0,85	12,75	13,60	14,45	15,30	16,15	17,00	17,85	18,70	19,55	20,40	21,25

3^e Vitres simples

"	3,66	51,90	58,56	62,22	65,88	69,54	73,20	76,86	80,52	84,18	87,84	91,50
---	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

4^e Vitres doubles séparées par un matelas d'air de 0^m,03 d'épaisseur.

"	4,76	26,40	28,16	29,92	31,68	33,44	35,20	36,96	38,72	40,48	42,24	44,00
---	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



Suite du Tableau A

Épaisseur du mur en mètres e	Valeur du coefficient Q	Écart de température entre l'enceinte habitée et l'atmosphère										
		15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°
3° Plafonds voûtés entre supports en fer.												
0,13	1,63	24,30	25,92	27,54	29,16	30,78	32,40	34,02	35,64	37,26	38,88	40,50
0,25	1,23	18,45	19,68	20,91	22,14	23,37	24,60	25,83	27,06	28,29	29,52	30,75
0,30	1,19	17,85	19,04	20,23	21,42	22,61	23,80	24,99	26,18	27,37	28,56	29,75
0,40	0,98	14,70	15,68	16,66	17,64	18,62	19,60	20,58	21,56	22,54	23,52	24,50
0,50	0,85	12,75	13,60	14,45	15,30	16,15	17,00	17,85	18,70	19,55	20,40	21,25
0,60	0,74	11,10	11,84	12,58	13,32	14,05	14,80	15,54	16,28	17,02	17,76	18,50
6° Plafonds en lambria.												
n	0,65	9,75	10,40	11,05	11,70	12,35	13,00	13,65	14,30	14,95	15,60	16,25





7° Planchers en bois.

#	0,60	9,00	9,60	10,20	10,80	11,40	12,00	12,60	13,20	13,80	14,40	15,00
---	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

8° Toits en zinc (sur voligeage).

#	2,12	31,80	33,92	36,04	38,16	40,28	42,40	44,52	46,64	48,76	50,88	53,00
---	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

9° Toits en zinc (sur lattis)

#	3,67	55,05	58,72	62,39	66,06	69,73	73,40	77,07	80,74	84,41	88,08	91,75
---	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

10° Parois en carreaux de plâtre peintes à l'huile sur les deux faces.

0,11	1,72	25,80	27,52	29,24	30,96	32,68	34,40	36,12	37,84	39,56	41,28	43,00
------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

11° Parois deux briques de 11 centimètres espacés par un matelas d'air de 6 centimètres

0,31	1,20	18,00	19,30	20,60	21,90	23,20	24,50	25,80	27,10	28,40	29,70	31,00
------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



Tableau B. — Valeurs du coefficient de conductibilité C. (d'après PÉCLET)

Désignation des matières	Densité	Coefficient C
Marbre gris à grains fin	2,68	3,68
Marbre blanc saccharoïde à gros grains	2,77	2,78
Pierre calcaire à grains fins	2,17 à 2,34	1,69 à 2,08
Pierre de liais à bâtir à gros grains	2,22 à 2,24	1,27 à 1,39
Plâtre ordinaire gâché	"	0,33
Plâtre très fin gâché	1,25 à 1,73	0,44 à 0,63
Terre cuite	1,85 à 1,98	0,51 à 0,69
Bois de sapin, transmission perpendiculaire aux fibres.	0,48	0,093
" " parallèle "	"	0,170
Bois de noyer, " perpendiculaire "	"	0,103
" " parallèle "	"	0,174
Bois de chêne, " perpendiculaire "	"	0,211
Liège.	0,22	0,143
Verre	2,44 à 2,55	0,75 à 0,88

Tableau C. — CONDUCTIBILITÉ DES MÉTAUX

VALEUR DU COEFFICIENT ϵ	
Argent	493
Cuivre	363
Or.	258
Laiton	116
Zinc	93
Étain.	71,5
Fer	58,89
Acier	57
Plomb	41,8

COEFFICIENT DE RADIATION γ	
Argent poli	0,13
Cuivre rouge.	0,16
Étain.	0,215
Laiton poli.	0,24
Zinc	0,24
Tôle polie	0,45
" plombée.	0,65
" ordinaire	2,77
Verre	2,91
Fonte neuve	3,17
Tôle oxydée	3,36
Fonte oxydée.	3,36
Pierre à bâtir	3,60
Plâtre	3,60
Bois	3,60
Noir de fumée	4,01
Eau	5,31
Huile.	7,24

