

filière elle-même, mais sur des pièces rapportées, qui se glissent dans des encastremens réservés dans la filière, et y sont maintenues par des vis. Cette disposition facilite les rechanges, et diminue les frais d'entretien, car les filières sont assez coûteuses.

On comprend facilement comment se fait le travail. Le tuyau, très fortement serré dans l'étau, est enfilé d'abord dans le guide, jusqu'à affleurer la filière, maintenue par le couvercle dans la cage de la monture. Au moyen des vis du guide on centre le tuyau, puis les ouvriers, se servant des bras de levier, deux bras pour les petits tuyaux, quatre pour les gros, tournent la filière, en la faisant avancer sur le tuyau.

Le filetage se fait en une seule passe. Un seul homme peut fileter les petits tuyaux jusqu'à 26/34. Il faut deux hommes pour fileter jusqu'à 50/60. Pour les gros diamètres, le travail est très pénible, et nécessite trois et même quatre ouvriers pour la manœuvre de la filière.

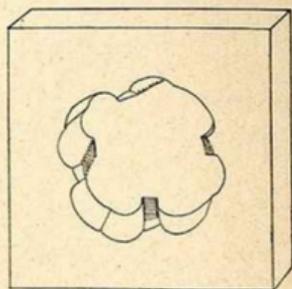


FIG. 640.

Aussi ce travail est-il coûteux, et tend de plus en plus à être remplacé par le filetage à la machine, dont nous parlerons plus loin.

Les filières ci-dessus ont l'inconvénient de ne pouvoir fileter qu'un seul diamètre de tuyaux, et, pour toute la série des tuyaux courants, de 12/17 à 80/90 ou 102/114, il faut au moins trois porte-filières, avec tous les jeux de filières pouvant fileter à droite et à gauche. Cela représente un outillage volumineux, très lourd, et qui coûte au moins 300 francs, sinon plus ¹.

Mais le plus gros défaut est de ne pouvoir fileter que rigoureusement au diamètre de la filière, ce qui donne souvent des ennuis, quand on emploie des raccords taraudés à un diamètre un peu trop juste, ou un peu trop grand, ce qui est le cas général. Les raccords de deux fabricants ne sont jamais mathématiquement au même diamètre, et ceux d'une même maison varient bien souvent d'une livraison à l'autre. Il est donc extrêmement utile de pouvoir faire varier, dans de petites limites, les diamètres des filetages. C'est le but que se proposent les filières à coussinets réglables.

Il existe un grand nombre de modèles, par exemple celui de la figure 641. Les coussinets sont en deux parties, et se logent dans une cage réservée de chaque côté de la monture. Une vis de serrage maintient chaque partie dans la position indiquée, sur le coussinet par un repère, placé en face d'un index sur la monture. Si on a besoin de fileter un peu

1. Prix d'avant-guerre.

plus large ou un peu plus serré, on peut modifier cette position, en avançant ou reculant chaque partie au moyen de vis de rappel.

Par raison d'économie, chaque demi-filière porte d'un côté les peignes de filetage d'un diamètre de tuyau, et de l'autre côté ceux d'un autre diamètre, de sorte que deux coussinets suffisent pour deux dimensions de tuyauterie.

Quelquefois, un jeu de coussinets ne sert que pour une dimension de

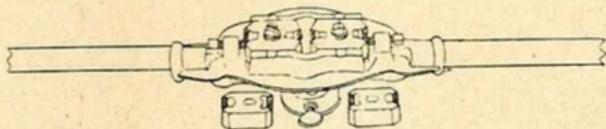


FIG. 641.

tuyaux, un côté faisant des filetages pas à droite, et l'autre pas à gauche.

D'autres types sont établis pour pouvoir fileter un certain nombre de dimensions de tuyaux avec le même jeu de filières, une manœuvre simple de serrage réduisant le diamètre (*fig. 642*).

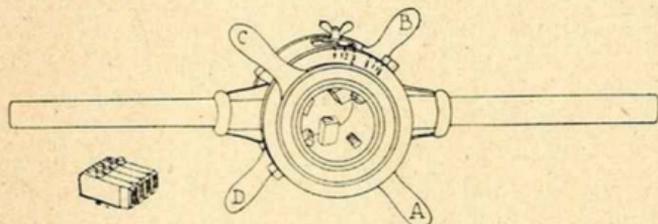


FIG. 642.

Les coussinets sont remplacés par quatre pièces, ou couteaux, numérotés de 1 à 4, et disposés de manière à ce que leur travail, en s'additionnant, produise une série complète de filets.

On commence par introduire ces quatre pièces, ou couteaux dans quatre encoches, ou évidements, réservés dans le bâti, et également numérotés 1, 2, 3, 4. La manœuvre d'un levier A pousse à l'intérieur une plaque rainée, qui entraîne les taquets, ou talons, dont sont munis les couteaux, et serre les extrémités filetées des coussinets vers le centre, c'est-à-dire détermine le diamètre du tuyau à fileter. Cette plaque A est munie sur un côté d'un index, qui glisse dans une rainure du bâti, et vient se déplacer devant une échelle graduée sur la face de ce bâti. La position de l'index indique le diamètre du tuyau à fileter, numéroté sur l'échelle graduée.

Quand l'index est en face du numéro du tuyau qu'on veut travailler, la manœuvre d'un levier C entraîne à l'intérieur une seconde plaque, qui fixe les coussinets dans la position établie, en calant leur plaque de manœuvre A.

Le levier B produit, sur des taquets intérieurs qui servent de guides pour le tuyau, au-delà des coussinets, le même réglage que celui produit par le levier A sur les coussinets, et le levier D détermine la fixation de ces guides, comme le levier C a fixé les filières.

Ce tuyau est alors introduit, et fileté comme avec une filière ordinaire. On comprend facilement qu'un petit mouvement du levier A augmente ou diminue légèrement l'écartement des couteaux, c'est-à-dire qu'il permet de tarauder un diamètre un peu plus gros ou un peu plus faible.

On peut se servir du même outil pour couper les tuyaux, en remplaçant, suivant les types de machines, les filières ou les guides par des pièces analogues, qui coupent au lieu de fileter, ce qui évite l'emploi des coupe-tubes dont nous avons précédemment parlé.

Certains modèles de filières à ajustage réglable possèdent même des guides, dans lesquels on fait avancer ou reculer, avec une vis extérieure, une partie coupante, ce qui transforme l'outil en un coupe-tube, sans modifier en rien son réglage, et permet de le rétablir ensuite comme filière, sans démontage.

Il existe plusieurs types de filières réglables, basées sur le même principe, avec de légères différences de détails seulement.

Ce sont toutes d'excellents outils, mais malheureusement trop délicats et trop mécaniques pour pouvoir être mis dans les mains des monteurs, dont le travail est assez brutal, et qui n'ont généralement pas grand soin de leurs outils.

Aussi les constructeurs qui font usage de ces filières ont-ils à tenir compte des frais d'entretien, relativement importants, et l'usage ne s'en répand guère, malgré leurs brillantes qualités.

Le travail à la main des filetages se fait facilement pour les petits diamètres ; mais, pour les installations de chauffage qui comportent beaucoup de gros tuyaux, on a un très gros avantage à employer des machines.

Il existe également un grand nombre de machines, anglaises, américaines ou allemandes, dont les prix varient de 500 à 1.000 francs ¹, et qui sont toutes basées sur le principe de la filière à guidage réglable, dont nous venons de parler.

Ces machines sont montées sur l'établi de l'ouvrier, ou possèdent un

1. Prix d'avant-guerre.

soçle spécial, et comportent toutes l'étai de fixation du tube, l'outil pour couper, et les filières pour fileter.

La machine indiquée sur la figure 643 n'est ni meilleure ni plus mauvaise que les autres, et est donnée seulement à titre d'exemple.

On voit à gauche l'étai, dans lequel le tube est serré, et le levier qui

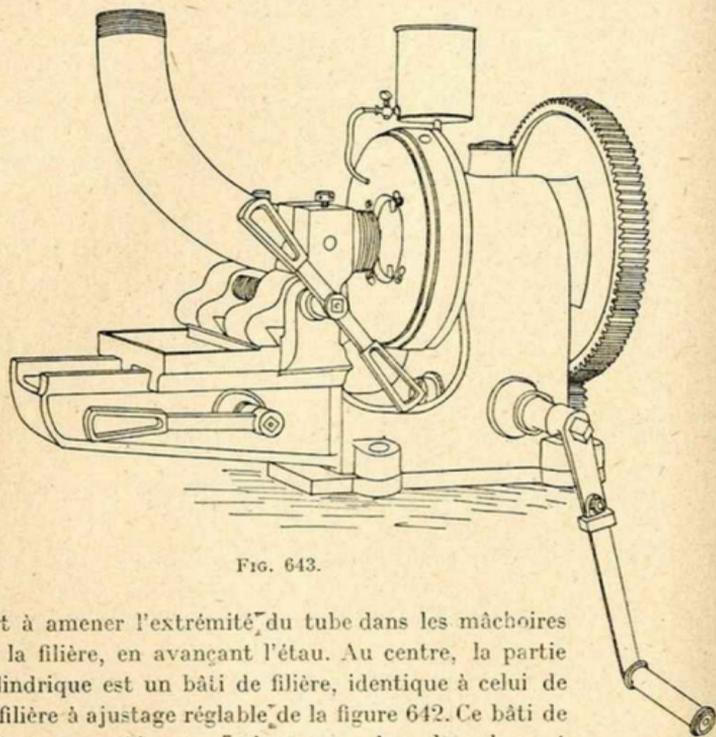


FIG. 643.

sert à amener l'extrémité du tube dans les mâchoires de la filière, en avançant l'étai. Au centre, la partie cylindrique est un bâti de filière, identique à celui de la filière à ajustage réglable de la figure 642. Ce bâti de filière est monté sur un arbre creux, dans lequel peut passer le tuyau après ou pendant le travail, et cet arbre est claveté sur une roue dentée qui reçoit le mouvement de la manivelle, au moyen de pignons intermédiaires.

Lorsque le tube arrive entre les mâchoires et la filière, l'ouvrier tourne la manivelle, et le filetage, en se produisant, entraîne le tuyau automatiquement, pour faire un filetage aussi prolongé qu'on le désire.

Un homme seul peut, sans grand effort, fileter les plus gros tuyaux, et le seul soin à prendre est d'employer un jeu d'engrenages donnant une vitesse plus grande quand on travaille sur les petits tuyaux, puisque l'effort est moins considérable que sur ceux de gros diamètres.

Une machine à fileter est excessivement utile dans les grands chantiers.

Elle fait gagner beaucoup de temps, et diminue le nombre des monteurs, puisqu'une seule équipe peut travailler les gros tuyaux, alors qu'il faut au moins quatre hommes pour manœuvrer les grosses filières à main, à partir du tuyau de 60/70 et au dessus.

Les constructeurs qui entreprennent de grandes installations emploient tous des machines, dont le prix d'achat est bientôt largement payé par l'économie de main-d'œuvre, en même temps que la rapidité du travail est considérablement augmentée.

PERÇAGE, TARAUDAGE, DUDGEONNAGE

A son établi, le monteur peut encore exécuter un grand nombre d'autres travaux indispensables dans son installation, et qui nécessitent des outils spéciaux. C'est ainsi qu'il aura souvent à faire des trous dans des plaques, des colliers en fer, des bouchons, etc., qu'on n'aura pas pu lui préparer à l'atelier, parce que son travail n'est pas assez précis pour que toutes les prévisions puissent, sans aucune exception, être faites à l'étude.

Pour faire ses trous, il n'aura pas de machine à percer, parce que la quantité est trop peu importante pour déplacer une machine aussi encombrante; on lui donnera un vilebrequin spécial, ou *chignolle* (fig. 644).

Pour se servir de cet outil, il place et serre fortement, au moyen d'un écrou de serrage, un foret de diamètre convenable dans la pince d'extrémité. Puis il place son foret à l'endroit à percer, marqué par un coup de poinçon, il appuie sa poitrine sur la plaque cintrée, à l'extrémité opposée: il saisit de la main gauche la poignée fixe du bâti, et, avec la main droite, il tourne la manivelle, qui communique le mouvement au foret, par l'intermédiaire d'un jeu d'engrenages.

C'est avec cette chignolle qu'on fait les trous de passage des tuyaux dans les cloisons minces, les parois en bois ou les planchers.

Quand on n'a pas la place nécessaire pour manœuvrer ce vilebrequin,

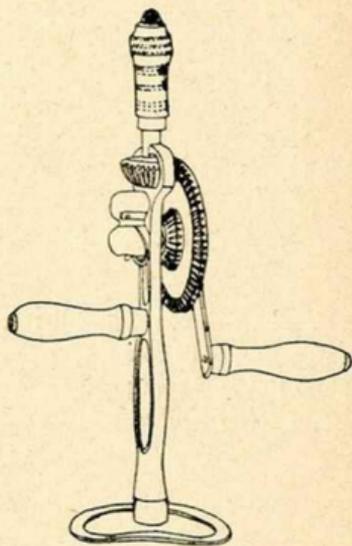


FIG. 644.

on emploie un vilebrequin à cliquet. C'est un outil analogue (fig. 645), mais disposé de façon à ce qu'en tournant dans un sens on entraîne le foret dans la partie à percer, tandis qu'en tournant en sens contraire un déclenchement à cliquet laisse le foret en place sans l'entraîner. Ce résultat est produit au moyen d'une roue à crémaillère, solidaire de l'axe du foret, et

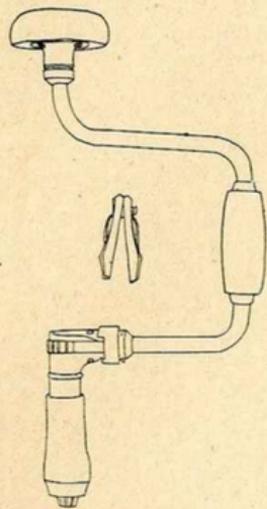


FIG. 645.

d'un petit levier, solidaire de la partie tournante du vilebrequin, et qu'un ressort engage dans les dents de la crémaillère. Quand on tourne dans un sens, le levier, arrêté par la dent sur laquelle il s'appuie, entraîne l'axe du foret, et celui-ci pénètre dans la partie à percer ; quand on tourne dans l'autre sens, le levier glisse sur la partie inclinée des dents de la crémaillère, sans entraîner le foret. On fait ainsi des demi ou des quarts de tour qui permettent peu à peu le perçage de la pièce.

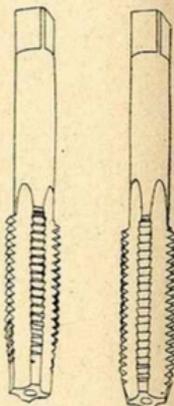


FIG. 646.

Quand une pièce est percée, et qu'il s'agit d'y creuser un pas de

vis, on emploie un outil qu'on appelle un *laraud* (fig. 646).

C'est un outil conique, en acier, qui porte des dents excessivement coupantes et très trempées. L'outil se termine par un carré, qu'on fixe dans les ouvertures d'un tourne-à-gauche. La partie conique se place dans le

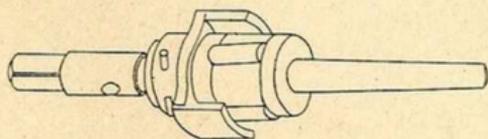


FIG. 647.

trou de la pièce à tarauder, et le travail se fait en tournant, comme pour un filetage.

Enfin, à l'établi, se fait encore l'opération du sertissage, ou du

dudgeonnage des tuyaux dans les plaques ou dans les brides, comme nous l'avons montré sur la figure 580. Un outil à dudgeonner, ou mandrin (fig. 647), se compose d'un corps principal en acier, à la surface duquel sont creusées trois ou quatre ouvertures longues, dans lesquelles sont engagées des molettes égales, dont les axes s'engagent dans des trous ovales, de manière à pouvoir se déplacer. Un axe conique en acier traverse le

corps cylindrique, vient s'appuyer à l'intérieur sur les molettes, et se termine par un pas de vis et un carré. L'axe conique étant enlevé, ou presque sorti du corps cylindrique, les molettes affleurent à peine la surface extérieure de celui-ci, qui peut être introduit dans le tube à mandriner ; un guide extérieur règle, s'il y a lieu, l'introduction concentrique dans le tuyau. Puis on pousse peu à peu l'axe conique, en le vissant au moyen d'un tourne-à-gauche dans lequel s'engage le carré d'extrémité, et le cône repousse progressivement les molettes, en même temps qu'il les fait tourner. Le métal du tube se trouve gonflé par le mouvement des molettes, en même temps qu'on fait tourner le corps cylindrique dans le tube, au moyen d'un levier qui s'engage à l'extrémité de ce corps cylindrique.

POSE DES TUYAUX

Les tuyaux étant ainsi préparés, cintrés, filetés, les trous dans les murs étant faits par le maçon, le monteur pose ses tuyauteries, suivant un tracé qu'il a déterminé d'abord sur les murs.

Il commence par présenter le tube, dont la partie filetée est enduite au pinceau de minium ou de céruse délayée très clair, ou encore d'un enduit antifuite, dans la pièce de raccord, qu'il visse à la main autant qu'il le peut. Puis il achève le serrage avec deux outils : l'un qui tourne le raccord, et qu'on appelle *clef* ou *griffe à chaîne*, ou encore *serre-tube*, et l'autre qui maintient le tuyau, et qu'on appelle *clef à griffe*, ou *pince à tubes*.

Serre-tubes à chaîne. — Ce serre-tubes (*fig. 648*) se compose d'une monture, en acier forgé pour les appareils de bonne qualité, terminé par une tête triangulaire à dents. Une chaîne plate, genre Vaucanson, est articulée sous le serre-tubes. On pose la tête dentée sur le tube, on enroule la

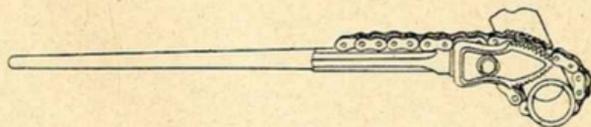


FIG. 648.

chaîne autour de ce tube, et on la ramène dans les dents de l'outil ; puis, en exerçant une pesée à l'extrémité du levier, on serre le tube aussi puissamment qu'on le désire, la tête triangulaire tirant sur la chaîne, maintenue dans les dents supérieures.

Aéro-Calorifère, et dont il fit des installations excessivement importantes. Le théâtre de Montpellier, les grandes salles du Musée du Louvre (plus de 200.000 mètres cubes), l'Eden Théâtre, la Bourse du Commerce, etc., etc., furent successivement chauffés par l'*Aéro-Calorifère* d'Anthonay, et avec le plus grand succès.

A ce moment, les principes du chauffage par la vapeur à basse pression n'étaient pas connus, et l'*Aéro-Calorifère* réalisait vraiment, d'une manière élégante et économique, le problème du transport de la chaleur à de très grandes distances, 150 à 200 mètres.

Les *aéro-calorifères* d'Anthonay se composaient essentiellement (fig. 650):

1° D'un ventilateur à force centrifuge, aspirant et soufflant, commandé

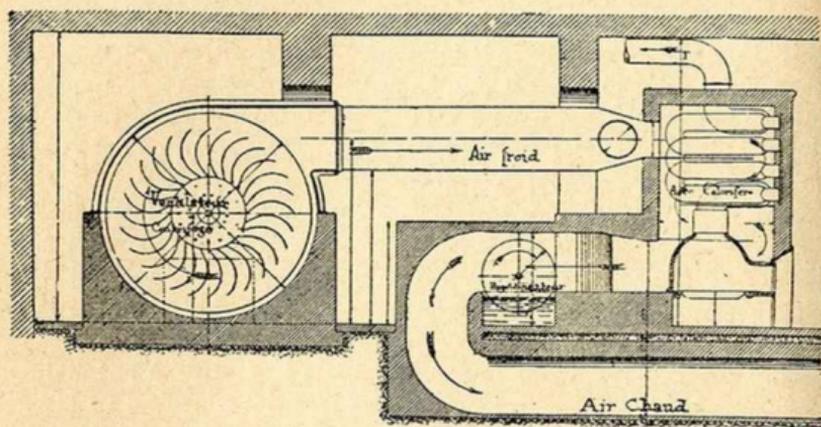


FIG. 650.

par un moteur quelconque, à vapeur, à gaz, à air comprimé, électrique, roue hydraulique, etc. ;

2° D'un calorifère, avec foyer au charbon, ou d'une batterie de chauffage par la vapeur ou par l'eau chaude ;

3° D'un appareil humidificateur, ou saturateur, destiné à restituer à l'air, après son passage sur le calorifère, la proportion d'humidité convenable pour sa nouvelle température ;

4° D'un réseau de canalisations, ou conduites de distribution d'air chaud, raccordant le calorifère et son humidificateur aux bouches de chaleur, placées aux points convenables dans les salles à chauffer.

1° Ventilateur. — Les ventilateurs employés par M. d'Anthonay étaient toujours du type Farcot, à haute pression, ou du type Ser, à moyenne pression, suivant les distances auxquelles l'air devait être en-

voyé, et les dimensions intérieures possibles des conduites de distribution.

Ce ventilateur était généralement du type aspirant et soufflant, c'est-à-dire dont l'œillard ou les œillards d'aspiration sont placés dans des boîtes, elles-mêmes raccordées, par des carneaux en maçonnerie, à une prise d'air placée à l'extérieur, dans un endroit éloigné, si c'est nécessaire, mais où l'on est certain de l'aspirer aussi pur et privé de poussières que la situation du bâtiment le permet.

Un réseau de filtres à air était généralement disposé dans le carneau de manière à arrêter les poussières, et la légère résistance que présentaient ces filtres était facile à vaincre, par une petite augmentation de la vitesse de rotation du ventilateur.

Le carneau d'aspiration avait une section aussi grande que possible, pour réduire au minimum les résistances à la circulation ; on admettait au plus une vitesse d'écoulement de 10 mètres par seconde.

L'évaluation du volume d'air à faire passer résultait, du reste, du calcul préalable de calories qui avait été fait pour le chauffage du bâtiment, les calories emportées par la ventilation non comprises.

Soit M ce nombre de calories, pour une température t à maintenir dans le local à chauffer.

Soit T la température maximum que l'on s'est fixée pour l'air chaud, au départ du calorifère.

Chaque mètre cube d'air chaud, entrant dans le local à la température T , et sortant, par les ouvertures de ventilation, à la température t , abandonne dans le local :

$$0,307 (T - t) \text{ calories.}$$

Le volume d'air à faire circuler est :

$$\frac{M}{0,307 (T - t)} = V$$

en mètres cubes par heure, ou :

$$\frac{V}{3.600} \text{ par seconde.}$$

Pour une vitesse de passage de 10 mètres par seconde dans les conduites, la section ω du conduit de prise d'air doit être de :

$$\omega = \frac{V}{3.600 \times 10}$$

Cette section doit être légèrement augmentée pour le carneau principal d'air chaud au départ du calorifère, en tenant compte de la dilatation de l'air pour la température considérée :

$$\omega_{\text{chaud}} = \omega (1 + 0,003665 T).$$

M. d'Anthonay disposait toujours son ventilateur pour insuffler sur le calorifère, alors que les Anglais, dans leur *Plenum System*, et les Américains, ont l'habitude d'aspirer sur le calorifère et de faire passer l'air chaud dans le ventilateur. La disposition de M. d'Anthonay est bien meilleure, à notre avis, pour deux raisons principales.

Tout d'abord, il vaut mieux que le ventilateur aspire de l'air froid, pour éviter les dilatations produites par l'air chaud dans les parties métalliques du ventilateur, et pour éviter la transmission, par conductibilité, de la chaleur dans ses paliers. Il faut, en effet, éviter autant qu'on le peut l'échauffement des coussinets, qui est une mauvaise condition de marche, et donne lieu à une difficulté de réglage.

La seconde raison vient de la construction même du calorifère de M. d'Anthonay, qui était un simple calorifère à air chaud, avec un foyer en fonte, des surfaces de chauffe en tôle, à rivure serrée et à joints à cornières, avec interposition de rondelles d'amiante, serrées par des boulons entre les cornières. Il est bien évident que, si un joint vient à se détruire ou une pièce en fonte à se fendre, l'insufflation, qui produit autour de l'appareil une légère pression, fait passer de l'air dans les surfaces de chauffe, et arrête même automatiquement le tirage et la combustion en cas de fuite importante. Au contraire, en opérant par aspiration, on aspirerait avec l'air les produits de la combustion, qui sortiraient par les joints, parce que la dépression produite par le ventilateur autour des surfaces de chauffe est supérieure à la dépression due au tirage de la cheminée dans ces surfaces.

M. d'Anthonay avait donc raison de refouler l'air sur le calorifère plutôt que d'aspirer, et les très bons résultats obtenus avec ses appareils ont toujours prouvé l'excellence de sa méthode.

Ses calculs étaient faits, en général, de manière qu'une pression de 50 à 60 millimètres d'eau suffisait à la buse de refoulement du ventilateur.

Dans ces conditions, la puissance théorique absorbée par le ventilateur était égale, en kilogrammètres, au produit du volume, en mètres cubes, débité par seconde, par la pression en millimètres d'eau indiquée ci-dessus.

Pour un volume de $\frac{V}{3600}$ par seconde, et une pression de 60 millimètres, le travail en kilogrammètres était donc :

$$\tau = \frac{V}{3.600} \times 60 \text{ millimètres};$$

et, comme ses ventilateurs avaient un rendement mécanique de 50 à 70 0/0, la puissance en chevaux du moteur qui commandait le ventilateur était donnée par la formule :

$$\bar{c}_{HP} = \frac{3.600}{V} \times 60^{mm} \times \frac{100}{50 \times 75},$$

en admettant ce rendement égal à 50 0/0.

Par exemple, pour un débit de 1 mètre cube par seconde, sous une pression de 60 millimètres, on pouvait écrire :

$$\bar{c}_{HP} = \frac{1 \times 60 \times 100}{50 \times 75} = 1^{cb},6.$$

2° Calorifère. — L'air était toujours insufflé à la partie haute du calorifère (voir fig. 650) ; des chicanes le guidaient dans son mouvement de circulation autour des serpentins de fumée en tôle, et l'amenaient à la partie basse, autour du foyer en fonte, avant son départ au conduit d'air chaud, placé dans le sol, au-dessous de l'appareil. On réalisait ainsi un chauffage parfaitement méthodique, l'air circulant en sens inverse des produits de la combustion, et l'air le plus froid arrivant au contact des surfaces de chauffe les moins chaudes, pour s'échauffer graduellement jusqu'au foyer. Aussi le coefficient de rendement était-il très élevé.

Le calcul de la surface de la grille du foyer peut être facilement déduit des calculs précédents.

Nous avons vu, en effet, que le volume d'air à envoyer dans les locaux à une température de T° a pour expression :

$$V = \frac{0,307 (T - t)}{M}.$$

Connaissant la température extérieure t , pour laquelle le calcul de calories a été fait, on en déduit la quantité de calories M_1 à fournir par le foyer :

$$M_1 = V (T - t_0) 0,307.$$

Ce chiffre M_1 comprend donc les calories M nécessaires pour chauffer les locaux, plus un certain chiffre m , correspondant aux calories emportées par la ventilation, c'est-à-dire par le volume d'air V , pris à l'extérieur à t_0 , et évacué à la température t des salles chauffées.

La transmission des surfaces de chauffe à l'air, dans un Aéro-Calorifère, étant très bonne, parce que très méthodique, il n'est pas exagéré d'admettre une utilisation de 50 à 60 0/0 des calories contenues dans le char-

bon, et d'écrire que 1 kilogramme de charbon transmet 4.500 calories.

On peut alors déduire que le poids de charbon à brûler est de :

$$P = \frac{M_1}{4.500}$$

La combustion sur la grille varie de 50 à 60 kilogrammes par mètre carré, suivant la dimension de l'appareil. La surface de grille est donc :

$$S = \frac{P}{50 \text{ à } 60}$$

La surface de chauffe totale était généralement calculée comme équivalente, en mètres carrés, à 2 fois le poids du charbon à brûler, en admettant pour cette surface toutes les parties, foyer compris, léchées par l'air circulant dans l'appareil :

$$S_{ch.} = 2P.$$

3° Humidificateur. — L'humidificateur est constitué par un réservoir d'eau, dans lequel on assure un niveau constant au moyen d'une bêche à flotteur, et par une série de disques en tôle perforée, montés sur un axe, et animés d'un lent mouvement de rotation. La partie inférieure de ces disques plonge dans l'eau, pendant que la partie supérieure est léchée par l'air chaud, dans son parcours entre l'Aéro-Calorifère et le conduit principal de distribution. La proportion d'eau ainsi enlevée par l'air est très facile à augmenter ou à diminuer, soit en admettant plus ou moins d'eau dans le réservoir, de manière à baigner une plus grande surface de disques, qui emportent ainsi plus ou moins d'eau à chaque tour de rotation, soit en augmentant ou diminuant le nombre de tours de l'humidificateur, ce qui met plus longtemps la surface humide en contact avec l'air.

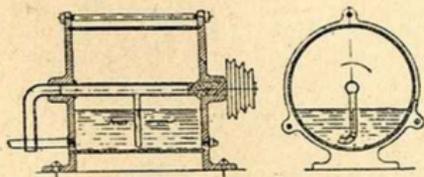


FIG. 651.

M. Leroy, successeur de d'Anthonay, avait imaginé un petit distributeur de liquide désinfectant, facile à ajouter à l'humidificateur, pour introduire automatique-

ment, en cas d'épidémie, un désinfectant, que l'air du chauffage distribuait par les bouches de chaleur dans toutes les parties de l'édifice.

Ce distributeur (fig. 651) se composait d'un petit cylindre en verre, serré entre deux plateaux en bronze, et traversé par un arbre creux, por-

tant intérieurement un petit tube recourbé en forme de cuiller. Le liquide désinfectant était introduit par un tuyau à la partie inférieure ; l'arbre portait à une extrémité un jeu de petites poulies à gorge, destinées à le faire tourner plus ou moins vite. L'autre extrémité s'arrêtait dans le tourillon, vis-à-vis d'un tuyau raccordé à l'humidificateur.

A chaque tour de rotation, la cuiller plongeait dans le liquide et en prenait une petite quantité, qui s'écoulait dans l'arbre creux quand la cuiller était en haut, et de là dans l'humidificateur.

4° Conduits de chaleur. — La sortie de l'air chaud se faisant à la partie basse du calorifère, les conduites principales de distribution peuvent être construites dans le sol même, de sorte qu'il est possible d'installer un système d'Aéro-Calorifère au niveau des locaux à chauffer et même au-dessus.

Les conduits principaux sont alors construits en briques pleines ou creuses, et entourés de mâchefer, pour atténuer les déperditions dans le sol. On calcule leur section pour une vitesse d'écoulement ne dépassant pas 10 mètres au départ du calorifère, et on laisse la section constante sur une grande longueur, malgré les branchements successifs, de manière à réduire la vitesse à mesure que la distance du calorifère

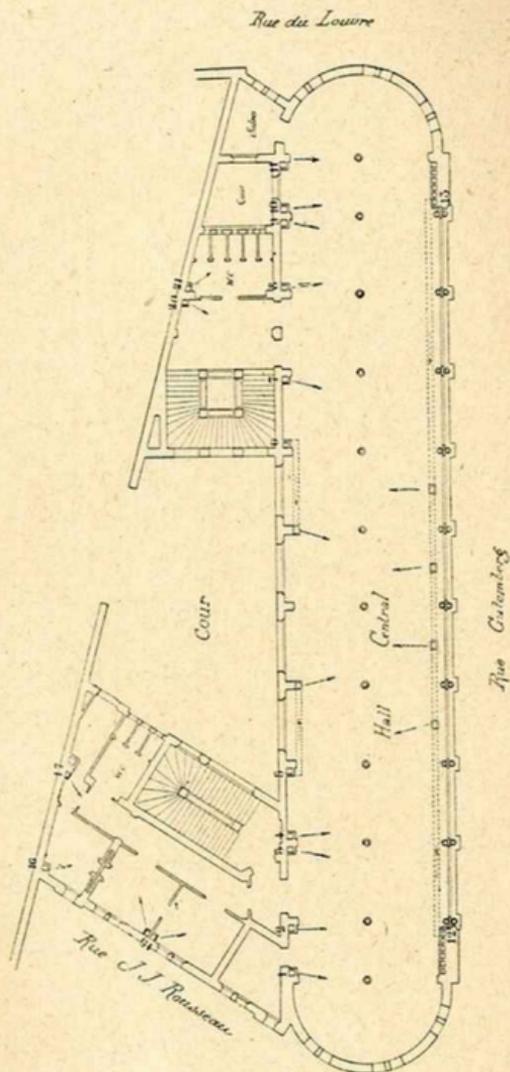


FIG. 652.

augmente, et à ne pas dépasser 5 à 6 mètres à l'extrémité la plus éloignée.

Les branchements sur ces conduits principaux sont en boisseaux, analogues à ceux que nous avons décrits pour les calorifères à air chaud ordinaires, sauf qu'il est inutile de prévoir des pentes, et qu'on peut, si

on y est obligé, avoir des conduits en contrepenne, ou même des conduits plongeants de plusieurs étages. On peut également avoir des conduits desservant plusieurs bouches.

La seule condition est de prévoir un registre de réglage sur chaque conduit ou sur chaque branchement, de manière à régulariser les vitesses d'écoulement qui varient de 5 à 3 mètres.

Ces vitesses sont encore diminuées, dans l'encaissement qui précède chaque bouche de chaleur, de manière que la vitesse à la sortie de la bouche ne dépasse pas 0^m,50 à 1 mètre, pour n'être pas gênante.

Les bouches de chaleur sont les mêmes que celles des calorifères ordinaires. On évite, toutefois, les bouches à persiennes, parce que la vitesse de l'air pourrait faire vibrer les lames de tôle mince, et produire un sifflement désagréable.

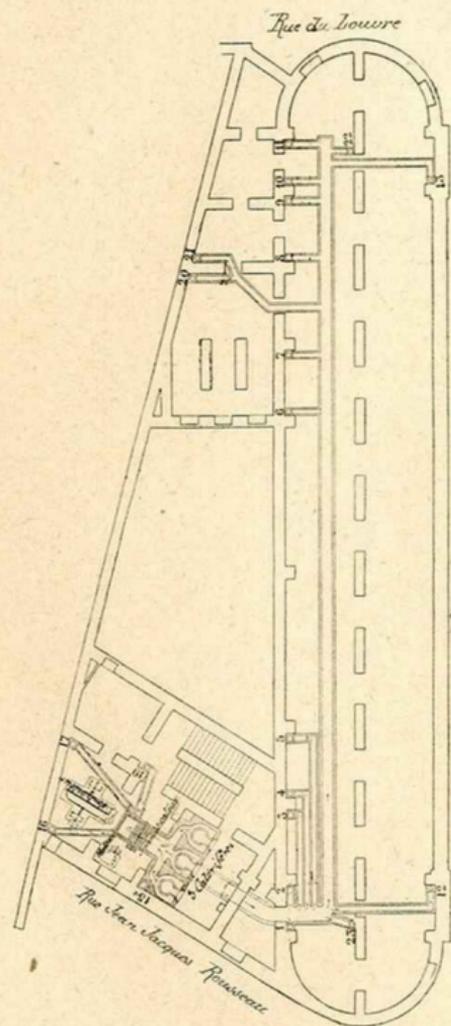


FIG. 653.

Cette disposition d'Aéro-Calorifère permet d'envoyer l'air chaud à des distances considérables. Au Musée du Louvre, à Paris, il existe des bouches placées à plus de 150 mètres du calorifère, et la température

CHAUFFAGE PAR PULSION D'AIR CHAUD



de l'air n'est diminuée que de quelques degrés par les pertes en route.
 La plupart des Aéro-Calorifères fonctionnent tout l'année. Pendant

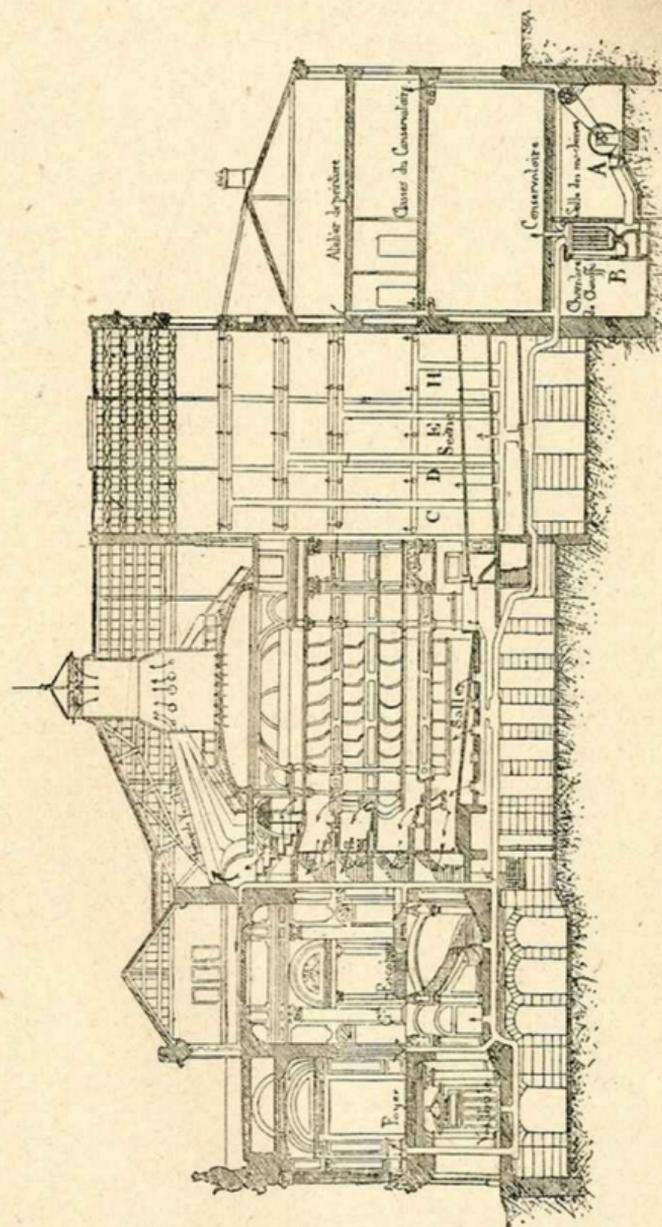


FIG. 654.

l'hiver, les calorifères étant allumés, le système fonctionne pour le chauffage et la ventilation combinés.

Il suffit, pour le service d'été, de ne pas allumer les calorifères, et le ventilateur continue à fonctionner pour assurer la ventilation seulement.

Les figures 652 et 653 montrent l'installation de ce système à l'Hôtel central des Téléphones, rue Gutenberg, à Paris, qui a fonctionné pendant plus de quinze ans, sans autres réparations que celles nécessitées par l'entretien normal des foyers.

L'installation comprenait un ventilateur de 3 mètres de diamètre, mû par un moteur à air comprimé de 8 chevaux, qui lui faisait débiter 18.000 mètres cubes d'air par heure, à la vitesse de 210 tours.

Le chauffage était produit par trois Aéro-Calorifères, ayant chacun 1^m,10 de diamètre de grille, et qui peuvent être allumés ensemble ou séparément, le fonctionnement de trois foyers à la fois n'étant nécessaire que lorsque la température extérieure descend plus bas que 5° au-dessous de zéro.

L'installation avait coûté environ 40.000 francs, et le chauffage des quatre étages, plus une certaine partie du rez-de-chaussée et du sous-sol, était assuré à l'origine par le constructeur pour 3.000 francs par mois durant la saison d'hiver, pendant que la ventilation d'été était payée 600 francs par mois. Ces chiffres comprenaient le charbon, l'air comprimé, le personnel, l'entretien, et le bénéfice du constructeur.

L'Administration a, par la suite, fait remplacer ce chauffage par un système à vapeur à basse pression, par radiation directe, qui nécessite une dépense de fonctionnement beaucoup plus considérable, et n'assure plus aucune ventilation.

La figure 654 montre la première installation de M. d'Anthonay, faite au théâtre et au Conservatoire de Montpellier, en 1887. Le volume chauffé est de 15.000 mètres cubes ; les conduits, en poteries, plongent et remontent suivant les dispositions des planchers. La première bouche de chaleur est à 33 mètres du groupe de calorifères ; la plus éloignée en est à 85 mètres.

AÉRO-CALORIFÈRES A VAPEUR

Le principe de l'Aéro-Calorifère est absolument indépendant du système de chauffage.

Dans les appareils précédents, quand les nécessités de l'installation entraînent l'emploi d'un moteur à vapeur pour commander le ventilateur, on a soin de réutiliser les calories contenues dans la vapeur d'échappement du moteur, en envoyant cette vapeur dans une batterie de surfaces chauffantes à ailettes, que l'on place, soit dans l'aspiration du ventilateur,

sur le parcours de la prise d'air, soit sur le refoulement, entre le ventilateur et le calorifère.

Mais on peut résoudre entièrement le problème avec une batterie de surfaces chauffantes à vapeur, lorsque certaines considérations font préférer la vapeur au calorifère ordinaire.

La figure 655 montre un Aéro-Calorifère à vapeur installé par M. Leroy, successeur de d'Anthonay, dans le magnifique hôtel construit par M. Sanson, architecte, avenue du Bois-de-Boulogne, à Paris, pour M. le comte de Castellane, et qui est une reproduction du petit Trianon de Versailles.

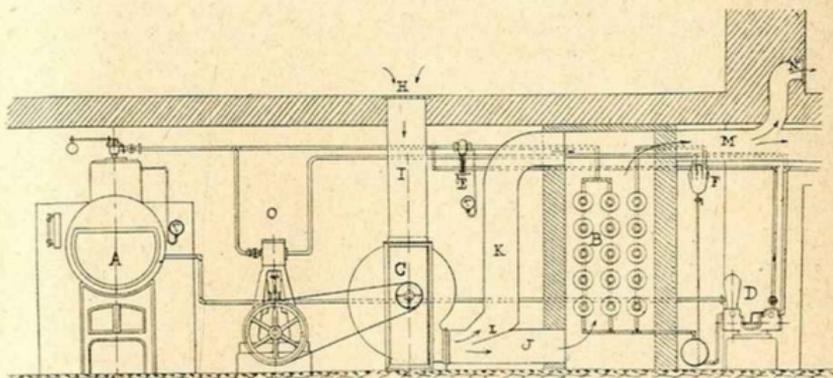


FIG. 655.

Dans cette figure schématique on remarque : la chaudière A, la batterie de vapeur B, alimentée, d'une part, par la vapeur de la chaudière, ramenée à basse pression par le détendeur E, et, d'autre part, par la vapeur d'échappement du moteur à vapeur O, purifiée préalablement par le séparateur d'huile F.

Le ventilateur C, commandé par courroie par le moteur à vapeur O, aspire l'air extérieur dans le jardin, par la prise d'air H et le conduit I, et le refoule, soit sur la batterie B par le canal J, soit directement dans les canalisations de distribution, par le canal K. Un registre L permet de proportionner la quantité d'air qui passe par la batterie de chauffage, pour faire varier à volonté la température de l'air. On peut même fermer complètement, pendant l'été, ce registre L sur le conduit J, pour n'envoyer que de l'air frais dans les bouches, sans faire fonctionner la batterie.

L'air chaud, ou tiède, ou froid, est distribué par le conduit M aux bouches de chaleur N, placées dans l'hôtel à chauffer.

Enfin, la pompe alimentaire D aspire dans un collecteur les eaux de condensation de la batterie, et les refoule dans la chaudière à la température de sortie de la batterie, c'est-à-dire aux environs de 100°.

Cette pompe est à action directe, et son échappement est renvoyé, avec celui du moteur, dans la partie de la batterie réservée à l'échappement.

Pendant l'été, on envoie l'échappement à un condenseur spécial, sur le service d'eau chaude de l'hôtel.

Cette installation est tout à fait analogue aux grandes installations américaines ; on remarquera même que la pompe aspire sur la batterie, un peu suivant la méthode du *vacuum system*, que nous avons décrite dans un chapitre spécial.

AÉRO-CONDENSEUR FOUCHÉ

M. d'Anthonay est à peu près le seul constructeur français qui avait vraiment fait un système basé sur le principe de la circulation d'air chaud, forcé par un ventilateur, bien que d'autres constructeurs aient exécuté des chauffages similaires, lorsque l'occasion s'en présentait.

M. F. Fouché, qui s'est spécialisé dans les questions de condensation des machines à vapeur, construit depuis fort longtemps un condenseur, qu'il a surtout appliqué aux questions de séchage industriel.

On sait qu'il y a souvent un gros intérêt pour les machines à vapeur à les faire marcher à condensation, c'est-à-dire à condenser la vapeur d'échappement à la sortie du cylindre, de manière à créer un vide partiel derrière le piston, et à supprimer ainsi la contre-pression, qui est une gêne à l'échappement et une perte d'une certaine quantité de la puissance du moteur.

On réalise presque toujours cette condensation par une injection ou une circulation d'eau froide, et l'eau, qui s'est réchauffée par mélange ou par contact avec la vapeur d'échappement, est envoyée à l'égout ou utilisée à des usages industriels, ou refroidie par des méthodes diverses pour être réutilisée à nouveau.

L'étude des condenseurs n'est pas du domaine du chauffage, et nous ne l'aborderons pas. Disons seulement qu'une des grosses difficultés de la condensation par courant d'air est la question des joints.

M. Fouché, qui s'est spécialisé dans cette question, a imaginé un certain nombre de dispositions de condenseurs, qui ont tous pour principe de réaliser la plus grande surface possible exposée au courant d'air d'un ventilateur, sous le moins grand volume d'encombrement, et avec le minimum de joints.

La figure 656 montre l'une de ces dispositions, qui consiste en une enveloppe métallique renfermant le condenseur et le ventilateur. Le condenseur est composé de deux caisses, raccordées par des surfaces tubulaires ; la vapeur arrive dans la caisse supérieure, l'eau de condensation se rassemble dans la caisse inférieure.

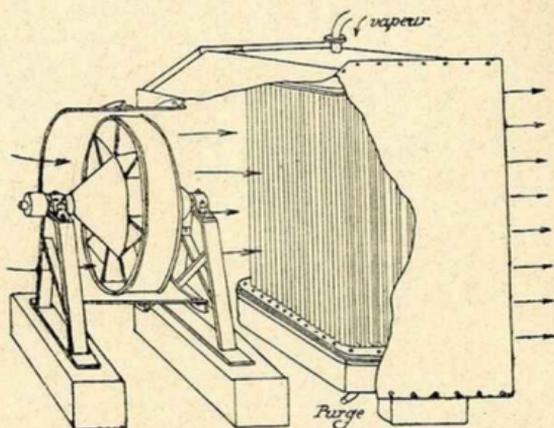


FIG. 656.

Le ventilateur, du type hélicoïde, peut donner un grand volume d'air, et assurer un débit important, malgré des résistances dans les conduites de 20 à 30 millimètres d'eau. Ce type de ventilateur ne permet pas des pressions aussi importantes que les ventilateurs à force centrifuge ; les conduites de distribution d'air chaud ne peuvent donc avoir une aussi grande longueur, et doivent être de sections plus importantes que dans les Aéro-Calorifères précédemment décrits.

SYSTÈMES AMÉRICAINS

Les Américains construisent depuis fort longtemps des appareils similaires, fonctionnant par la vapeur vive et la vapeur d'échappement. Ils appellent ce système : *Steam Hot Blast System*.

Leurs ventilateurs sont du type à force centrifuge, mais beaucoup moins parfaits, comme construction et comme rendement mécanique, que les ventilateurs français. Les aubes des turbines sont, en général,



LE CHAUFFAGE DES HABITATIONS.

droites, montées sur l'axe au moyen de bras solidaires d'un moyeu, et sur lesquels elles sont rivées. Des joues latérales ferment la turbine, dont

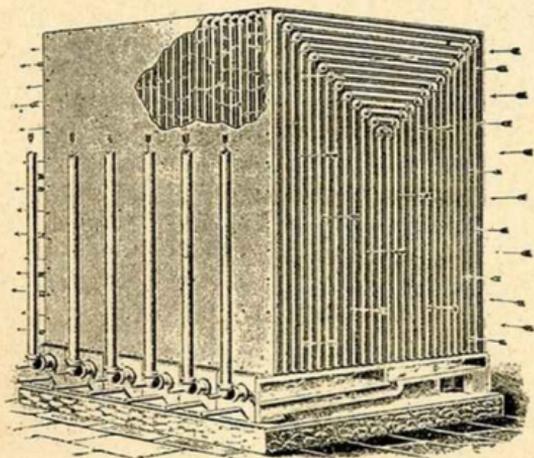


FIG. 657.

la section est tronconique, c'est-à-dire plus large du côté des œillards que du côté de la circonférence.

Le fonctionnement est toujours accompagné d'un ronflement fort

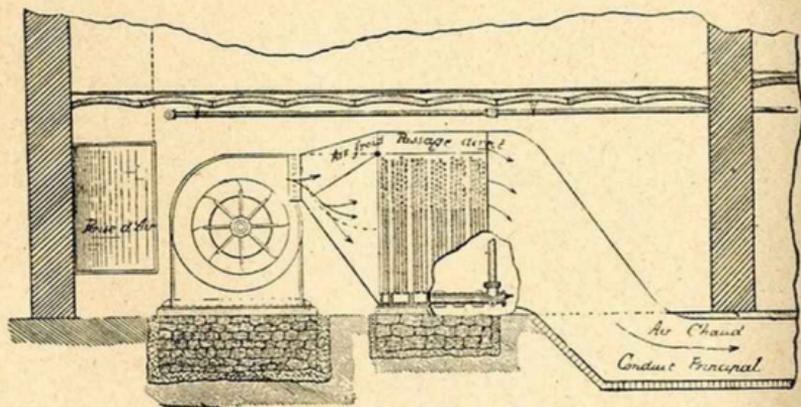


FIG. 658.

désagréable, qui n'existe pas dans les ventilateurs similaires de construction française.

Les réchauffeurs, ou condenseurs (*Steam hot blast coils*), sont toujours composés de tuyaux lisses en fer (*fig. 657*), montés sur une base en fonte,

et excessivement rapprochés l'un de l'autre, de manière à diviser le courant d'air chaud en une infinité de lamelles, qui viennent au contact de surfaces toujours à la haute température de la vapeur dans toutes les sections. La base est divisée en deux parties. La vapeur arrive dans une

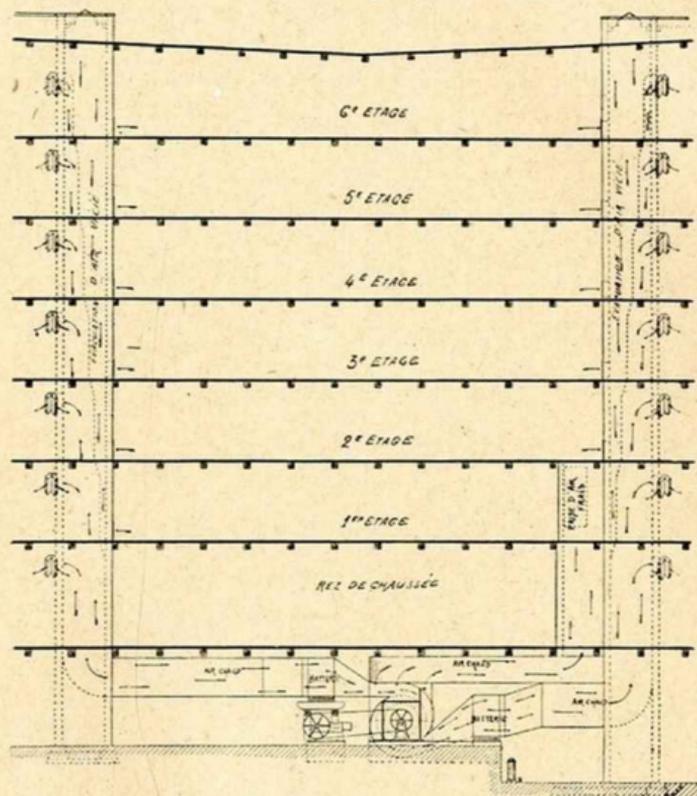


FIG. 659.

de ces parties, sur laquelle sont branchés les tuyaux montants, puis redescend dans l'autre partie, qui contient surtout de l'eau de condensation. Chaque élément a son alimentation de vapeur, et, généralement, deux évacuations d'eau de condensation, qui se raccordent à l'extérieur, ou quelquefois même à l'intérieur de la base.

On accole l'un à l'autre un certain nombre d'éléments, et on enferme le tout dans une caisse en tôle, qui prend son appui sur la base.

La figure 658 montre une installation de ce système ; le ventilateur aspire dans la salle même où il est placé, et dans laquelle l'air frais arrive par une ouverture spéciale. Un registre lui permet de refouler soit sur la batterie, soit au-dessus, par un *by-pass*, et un conduit de distribu-

tion principal part dans le sol, pour arriver aux colonnes de distribution verticales.

Dans la disposition de la figure 659, la volute d'enveloppe est à deux courbures, de manière à avoir deux buses de sortie, desservies chacune par une partie de la turbine, et aboutissant à deux calorifères à vapeur distincts.

Cette disposition, dont nous n'avons jamais vu l'équivalent en France, est assez commode, mais il conviendrait d'examiner s'il est possible de l'établir pour des débits bien déterminés. En d'autres termes, étant

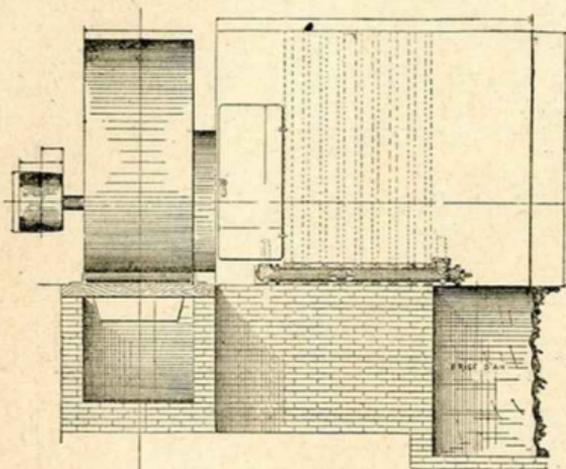


Fig. 660.

donné le débit d'air global que peut assurer un ventilateur, il est bien évident qu'on peut admettre que chaque partie de la turbine contribue, pour le nombre d'aubes qu'elle contient, à une certaine proportion dans le débit, mais il est douteux qu'on puisse dire exactement que le débit est rigoureusement proportionnel au nombre d'aubes dans une partie donnée de l'enveloppe, et on peut craindre qu'avec la disposition de la figure 659 une partie débite proportionnellement plus ou moins que l'autre.

Enfin, pour terminer, nous donnerons (*fig. 660*) la disposition d'un groupe thermo-ventilateur fonctionnant par aspiration, et qui est le type le plus ordinairement employé aux États-Unis.

Nous ne citerons que pour mémoire les fort nombreux groupes composés d'un ventilateur et d'une surface de chauffe à ailettes (le plus souvent radiateurs d'automobiles) et qui sont offerts sous le nom d'aéro-thermes, aéro-calorigènes, etc. Ils n'ont aucun dispositif méritant une description spéciale, et se rattachent plutôt aux chauffages industriels.

CHAPITRE XXVI

RÉGLAGE AUTOMATIQUE DE LA TEMPÉRATURE

Dans tous les systèmes de chauffage que nous avons précédemment décrits, il existe des moyens de régler à la main le débit de la chaleur distribuée dans une salle.

Lorsqu'on chauffe par un poêle, on réduit l'entrée d'air sous la grille, on ferme plus ou moins le registre de la cheminée, et on diminue ainsi l'intensité du feu, et, par suite, de la chaleur émise.

Si on chauffe par un calorifère à air chaud, il suffit de fermer plus ou moins la bouche de chaleur.

Avec les chauffages par la vapeur ou par l'eau chaude, on règle par la manœuvre du robinet d'entrée de vapeur ou d'eau au radiateur ou à la surface chauffante.

Dans les systèmes par vapeur à basse pression et par l'eau chaude à basse pression, le réglage à la main du robinet provoque même à la chauffe une régulation automatique de l'énergie de la source de chaleur, puisque, si le radiateur est fermé en tout ou en partie, la pression de la vapeur, ou la température de l'eau chaude, tend à s'élever, et le régulateur automatique de combustion agit immédiatement pour rétablir l'équilibre.

Mais tous ces modes de réglage nécessitent, tout d'abord, l'intervention d'une personne pour fermer le registre, la bouche de chaleur ou le robinet.

Si la pièce est momentanément inhabitée, ou si celui qui occupe la pièce est absorbé par son travail et ne s'aperçoit pas que la température s'élève trop, il n'y a pas d'autre remède que d'ouvrir la fenêtre pour évacuer la chaleur gênante, ce qui constitue une perte de combustible importante.

Qui de nous n'a jamais ressenti la fâcheuse migraine, due au séjour prolongé dans une pièce dont il avait oublié de régler la température,

parce qu'il était trop occupé par son travail ou par une conversation intéressante pour s'apercevoir que la température s'élevait à 20, 25° et même plus, alors que 17 à 18° lui suffisaient. Heureux encore si l'ouverture brutale d'une fenêtre, pour évacuer le trop de chaleur, ne lui a pas donné ensuite un rhume ou une bronchite.

Et combien de fois ne reculons-nous pas, pris de suffocation, lorsque nous entrons dans un bureau d'administration, dans une maison de commerce, dont les employés se chauffent trop, sans même s'en apercevoir.

Aussi le besoin d'un réglage automatique de la température des salles se fait-il sentir, et nous désirons tous qu'un appareil simple, économique, peu encombrant, et d'un fonctionnement certain, sans surveillance, soit capable à lui seul, et sans notre intervention, de régler le débit de la source de chaleur, pour maintenir la température désirable et ne jamais la laisser s'élever.

Beaucoup d'efforts ont été faits dans ce sens, et un certain nombre d'appareils existent, qui tendent à produire ce résultat.

Hâtons-nous de dire, et de regretter vivement, qu'aucun régulateur de température simple, et vraiment pratique, n'existe en réalité, et que les quelques systèmes, tous très ingénieux, qui seront décrits ci-après, sont généralement compliqués, très coûteux, et ne sont pas toujours d'un fonctionnement assuré.

Dès 1885 on avait cherché, en France, un régulateur de température, et l'auteur se souvient, sans pouvoir se rappeler le nom de l'inventeur, qu'un système de réglage électrique avait été proposé à M. Michel Perret, et mis à l'essai dans ses bureaux, où il prouva malheureusement son inefficacité.

Il se composait d'un thermomètre à maxima et à minima, muni de deux contacts électriques. Quand la température montait au-dessus de celle fixée par un des contacts, ou quand elle s'abaissait au-dessous de celle déterminée par un autre contact, un courant électrique, produit par une batterie de piles, s'établissait dans un sens ou dans l'autre, et passait dans un électro-aimant, qui fermait ou ouvrait un registre, placé dans le conduit, amenant l'air chaud à une bouche de chaleur.

Cet embryon de régulateur automatique ne réussit pas. L'électro-aimant n'était pas assez puissant pour manœuvrer le registre, pourtant très léger et équilibré, parce que les poussières venaient vite gripper les articulations, ou s'interposer entre l'électro-aimant et son contact.

En Amérique, il existe plusieurs systèmes de régulateurs, électriques ou à air comprimé, pour lesquels on fait énormément de réclame, et dont on vante beaucoup l'efficacité. Nous ne la mettrons pas en doute, bien qu'ayant fait un essai malheureux sur l'un d'entre eux, et nous nous bornerons à décrire sommairement les plus connus, ou ceux qui font la réclame la plus audacieuse.

RÉGULATEURS POWERS

Le régulateur Powers a été breveté, en Amérique, le 10 septembre 1889, et ses références les plus anciennes semblent se reporter à l'hiver 1891-1892, ce qui indique que les deux premières années ont dû se passer en essais et tâtonnements.

L'ensemble d'un système de régulation Powers se compose de deux parties, le *thermostat* et le *régulateur*.

Le thermostat est le même pour tous les systèmes de chauffage, calo-

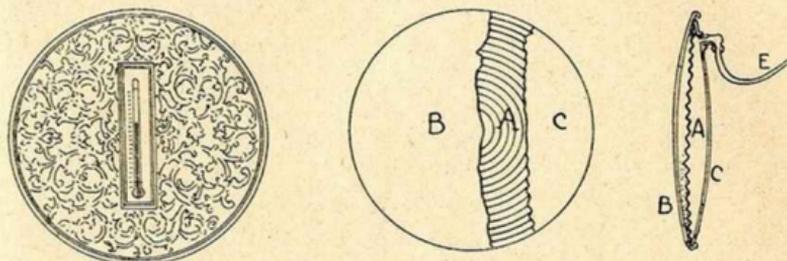


FIG. 661.

rifères à air chaud, chauffages à eau chaude, chauffages par la vapeur à basse pression. Le régulateur est différent pour chacun des trois systèmes.

Le thermostat (*fig. 661*) se compose d'une lentille, convexe sur ses deux faces, d'environ 0^m,30 de diamètre et 25 millimètres d'épaisseur, dissimulée par un plateau orné, qui porte au milieu un thermomètre indicateur de la température.

Cette lentille, en fort laiton soudé, est divisée en deux chambres par un diaphragme plissé, en cuivre écroui, très élastique et très déformable. L'une des chambres, B, hermétiquement close, est remplie d'un liquide dont le point d'ébullition est voisin de 15 à 16° C. L'autre chambre, A, forme réservoir d'air, et communique avec le régulateur par un petit tuyau capillaire E.

Aussitôt que la température de la salle chauffée s'élève au-dessus de 16°, le liquide contenu dans le compartiment B se vaporise, et la pression de la vapeur s'exerce sur la face élastique, qui se déforme, et comprime l'air dans le compartiment A, qui devient un véritable réservoir d'air comprimé.

On comprend que, plus la température de la salle augmente, plus la pression de la vapeur devient grande. Le liquide est tel, que chaque

augmentation de 1° produit une augmentation de pression de 0^{rs},014, qui se transmet à l'air comprimé.

Le régulateur pour calorifère à air chaud (*fig. 662*) se compose essentiellement d'une lentille en fonte, séparée en deux parties par un diaphragme en caoutchouc F. La partie supérieure au-dessus du diaphragme est raccordée avec un petit réservoir d'eau E, qui reçoit à sa partie haute

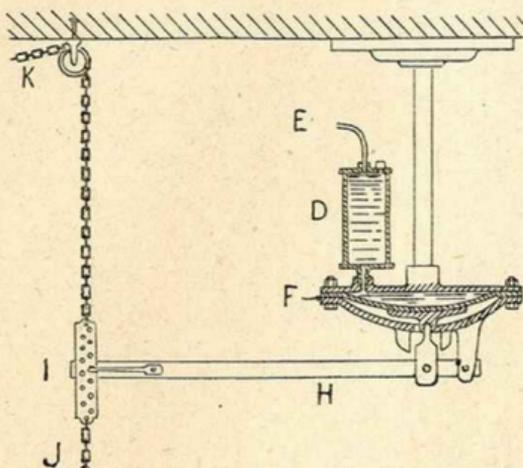


FIG. 662.

le branchement E du tuyau capillaire du thermostat. La pression d'air comprimé se transmet à la surface de l'eau du réservoir D, et agit sur le diaphragme en caoutchouc, qui se déforme. La déformation produit un mouvement d'oscillation du levier H, qui agit, par une chaîne J, sur un registre d'entrée d'air au foyer du calorifère, et par une chaîne K, sur le registre de fumée. Le point de réglage ayant

été établi une fois pour toutes par la position de la plaque I, qui raccorde les chaînes J et K au levier H, on voit que, lorsque la température s'élève dans la pièce chauffée, la pression de l'air comprimé agit immédiatement sur le calorifère pour diminuer l'intensité de la combustion.

Ce réglage automatique de température ne peut se faire, on le comprend, que pour une pièce de la maison chauffée, qui sert de réglage type à toutes les autres.

Si on voulait placer un thermostat dans chaque pièce, il faudrait avoir autant de régulateurs qu'il y a de conduits de chaleur, et les chaînes J et K n'agiraient plus sur le tirage du foyer, mais seraient raccordées à deux registres, placés sur chaque conduit de chaleur, et réglant, l'un une entrée d'air chaud venant de la chambre de chaleur, et l'autre une admission directe d'air froid venant de la prise d'air.

Le thermostat aurait donc pour effet de régler la température moyenne de l'admission d'air chaud dans la pièce chauffée, et il faudrait un thermostat et un régulateur supplémentaires pour régler la combustion, le thermostat étant placé dans la chambre de chaleur, dont la température aurait tendance à s'élever, suivant la position de fermeture plus ou moins grande des registres placés sur les conduits d'air chaud.

Le régulateur pour l'eau chaude est représenté par la figure 663. Il se compose de deux diaphragmes, divisant la lentille en trois compartiments.

Sur le départ d'eau chaude de la chaudière au chauffage est placé un réservoir B' en fonte, qui contient lui-même un autre réservoir A', rempli d'un liquide bouillant à une température plus basse que celle de l'eau, 50 à 60° par exemple, de manière que la pression de sa vapeur, s'exerçant à sa surface dans le réservoir A', se transmet, par le tuyau C,

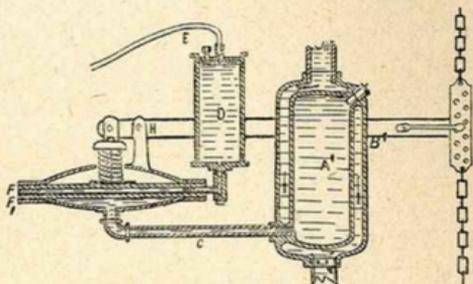


FIG. 663.

sous la première membrane F₁. La déformation de cette membrane se transmet au levier H, qui règle la combustion de la chaudière à eau chaude.

L'intervalle entre les deux membranes F et F₁ est en communication avec le réservoir d'eau D, qui reçoit la pression de l'air comprimé par le thermostat, par l'intermédiaire du tuyau E, comme nous l'avons vu dans le régulateur des calorifères à air chaud. Il y a donc, dans ce cas, deux réglages qui s'additionnent, l'un par l'intermédiaire du thermostat soumis à la température de la pièce chauffée, l'autre par la température de l'eau en circulation.

Le régulateur pour les chauffages par la vapeur à basse pression (fig. 664) est semblable, mais le tuyau C est branché directement, ou par l'intermédiaire d'un syphon, sur la chaudière à vapeur, de manière que la pression à la chaudière produise un résultat identique à celui que produisait la température de l'eau en circulation dans le régulateur pour chauffage à eau chaude de la figure 663.

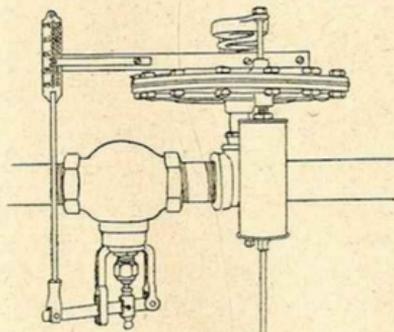


FIG. 664.

Quand on veut régler directement le chauffage d'un radiateur, on place le thermostat dans la pièce chauffée, et on fait agir le régulateur sur le robinet d'admission de vapeur ou d'eau dans le radiateur.

On comprend, par ce qui précède, que le système de thermostat et

régulateur Powers s'applique surtout à un réglage d'ensemble d'un chauffage à air chaud, eau chaude ou vapeur, mais qu'il devient encombrant et coûteux si on veut régler isolément le chauffage de toutes les pièces.

C'est, du reste, le défaut commun à tous les régulateurs de température, dans une proportion moins grande peut-être, mais encore assez importante pour que leur emploi ne se généralise pas.

RÉGULATEUR JOHNSON

Le système de régulateur automatique Johnson, qui date de 1890 ou 1891, fait appel à trois sources d'énergie : la dilatation, un courant électrique, et l'air comprimé.

Son principe est le suivant :

Un thermostat est placé dans la pièce dans laquelle on veut maintenir une température régulière. Quand la température dépasse la limite permise, la dilatation du thermostat ferme un circuit électrique, et le courant vient agir sur un électro-aimant, solidaire d'un robinet à trois voies, qui ouvre une arrivée d'air comprimé à 700 grammes environ. Cet air comprimé agit alors sur un registre d'air chaud, ou sur un robinet d'eau chaude ou de vapeur, qui diminue dans la proportion convenable l'intensité de la source de chaleur, calorifère à air chaud, chaudière à eau chaude ou à vapeur, à basse ou à haute pression.

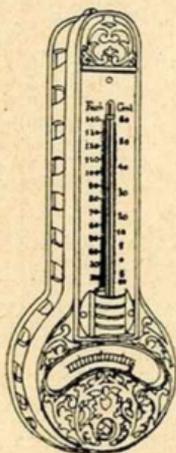


FIG. 665.

Le thermostat (*fig. 665*), placé dans la pièce dont on veut conserver la température constante, se compose d'un serpentin double, avec spires en cuivre et en acier, combinées de manière que les dilatations ou les contractions successives fassent mouvoir l'extrémité libre entre deux contacts.

La position de ces contacts est réglable pour la température qu'on désire, au moyen d'un index, qui se déplace sur une échelle en arc de cercle, que l'on voit à la partie basse du thermostat, et le réglage de l'appareil pour la température rigoureuse indiquée au thermomètre se fait par une clé et le carré placé sous cette échelle.

Les deux index sont respectivement raccordés à l'un des pôles de deux batteries de piles, le serpentin est raccordé à l'autre pôle de chacune des deux batteries. L'opération est telle que, si la température s'abaisse, le serpentin se contracte, son extrémité vient toucher un des contacts, et

ferme le circuit électrique d'une des batteries ; au contraire, si la température s'élève, le serpentin se dilate, son extrémité vient toucher l'autre contact, et fermer le circuit sur l'autre batterie de piles.

La valve électro-pneumatique se compose essentiellement (fig. 666 et 667) d'un petit réservoir d'air comprimé, monté sur une armature de quatre électro-aimants 1, 1', 2, 2', placés sur les deux circuits du rhéostat.

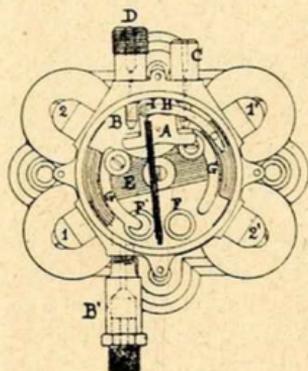


FIG. 666.

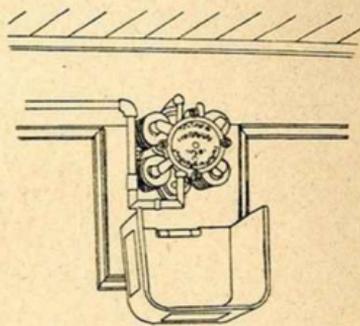


FIG. 667.

L'air comprimé arrive dans le réservoir par une tubulure B, raccordée en D avec une conduite d'air comprimé. Il peut en sortir, soit par la tubulure B', qui le conduit au régulateur que nous décrirons plus loin, soit par l'ouverture C, débouchant dans l'atmosphère.

Les ouvertures B et C sont alternativement fermées ou ouvertes par la pièce A, en fer doux, mobile autour d'un axe, et dont la position est commandée par une petite roue à rochet T, placée à l'extrémité d'un levier articulé H, et maintenue en contact par un ressort à boudin.

E est l'armature de l'électro-aimant ; G et G', les plaques de contact ; F et F', les pôles.

On comprend que, selon que le circuit électrique se ferme sur les électro-aimants 1, 2 ou 1', 2', la pièce A est attirée par les plaques de contact G ou G', et ouvre la tubulure G, qui met l'air comprimé en communication avec la tubulure B', on ferme cette tubulure G, et ouvre la communication C, avec l'atmosphère qui détruit la pression d'air comprimé dans le réservoir et dans la conduite B', qui correspond au régulateur.

L'air comprimé qui passe par la tubulure B', lorsque la température maximum obtenue est atteinte, peut agir sur un régulateur de combustion d'un calorifère à air chaud ou d'une chaudière à eau chaude ou à vapeur, sur un registre de conduit d'air chaud, ou sur un robinet de vapeur ou d'eau chaude.

Supposons, par exemple, un robinet de vapeur, avec la tubulure d'arrivée D, le clapet B de fermeture et son siège C, la tubulure E de communication avec le radiateur (*fig. 668*).

Le clapet est commandé par une tige H, maintenue levée par un ressort G, et placée sous le contrôle d'une membrane flexible en caoutchouc F. Cette membrane ferme la partie inférieure d'un réservoir lenticulaire, dans lequel l'air comprimé arrive par la tubulure A, raccordée à la tubulure B' de la valve électro-pneumatique.

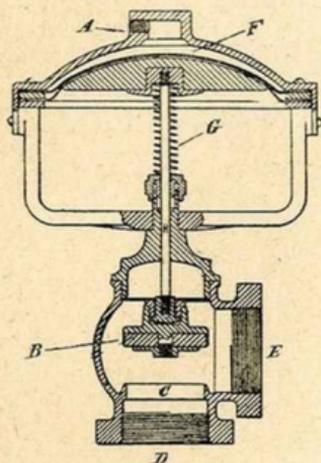


FIG. 668.

Le fonctionnement est ainsi très facile à comprendre. Lorsque la température demandée est atteinte dans la pièce qui est contrôlée par le thermostat, le circuit se ferme sur les électro-aimants 1 et 2 de la valve électro-pneumatique. La pièce A de cette valve ouvre la tubulure B, et ferme la tubulure C, l'air comprimé emplit le réservoir, passe par la tubulure B', et arrive au régulateur du robinet par la tubulure A de ce régulateur.

La pression d'air comprimé s'établit au-dessus de la membrane F, qu'elle refoule du haut en bas, forçant sur le ressort G, et repoussant la soupape B sur son siège C ; la vapeur cesse alors d'arriver dans le radiateur.

Aussitôt que la température baisse, le thermostat ouvre le circuit électrique sur les électro-aimants 1', 2', la pièce A, attirée, ferme l'arrivée B d'air comprimé, et ouvre la communication C avec l'atmosphère, la pression cesse d'exister sur la membrane F, le ressort G relève la tige H, le clapet B, et la vapeur arrive à nouveau dans le radiateur.

Comme les contacts du thermostat sont placés très près l'un de l'autre, et ne permettent, par exemple, que la variation d'un demi-degré en plus ou en moins, on voit que le réglage se fait très facilement, et d'une manière très précise.

On remarque, toutefois, que l'ensemble est très compliqué, et que de nombreuses causes, poussières sur les contacts, pertes d'électricité, fuites d'air comprimé, membranes défectueuses, etc., peuvent venir annihiler le fonctionnement de tous ces organes si délicats.

Le réglage d'un foyer de calorifère ou de chaudière se fait d'une manière identique (*fig. 669*). L'air comprimé arrive dans un réservoir lenticulaire, et déforme une membrane flexible, qui agit sur un levier com-

RÉGLAGE AUTOMATIQUE DE LA TEMPÉRATURE

mandant l'entrée d'air sous la grille et le registre de la cheminée.

La même disposition peut servir à commander un registre d'air chaud placé sur le conduit de chaleur d'un calorifère à air chaud (fig. 670).

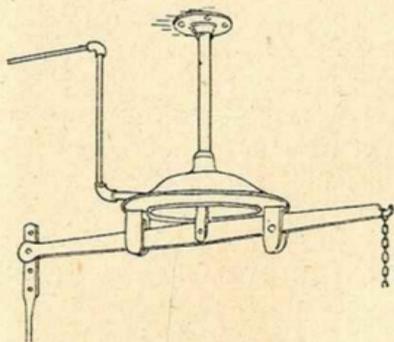


FIG. 669.

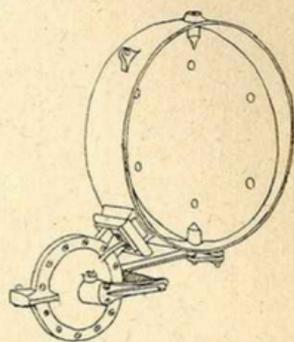


FIG. 670.

Ce registre peut être double, si on le désire, et se composer de deux parties, placées à 90° l'une de l'autre, sur un même axe, de manière à ouvrir une admission d'air froid en même temps que se ferme l'admission d'air chaud.

Dans les installations importantes de chauffage par la vapeur, qui comportent une certaine quantité de thermostats, de valves électro-pneumatiques et de robinets réglés, on pourrait craindre que le régulateur ordinaire de combustion et de pression ne soit pas assez sensible pour fermer instantanément l'entrée d'air sous la grille et le registre de la cheminée. On ajoute alors un second régulateur, commandé par une valve électro-pneumatique et un régulateur spécial, comme le montre la figure 671. Ce régulateur agit instantanément, et bien avant

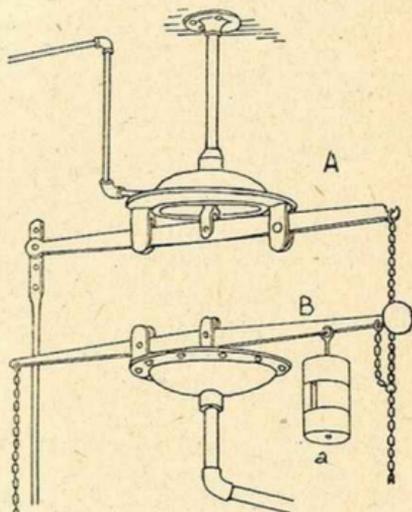


FIG. 671.

que le régulateur normal de la chaudière ait commencé son service.

La valve électro-pneumatique qui commande ce régulateur est identique aux autres, mais elle ne reçoit pas le courant électrique d'un thermostat, et elle est mise en œuvre par un appareil spécial,

actionné par l'air comprimé, lorsque tous les régulateurs sont fermés.

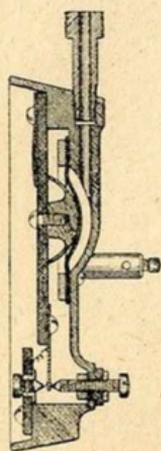


FIG. 672.

La figure 672 montre le fonctionnement de cet appareil. L'air comprimé arrive dans une petite chambre, fermée par une membrane, qui peut pousser un petit levier à ressort. Ce levier porte à l'extrémité une lame mince, qui se déplace entre deux contacts, raccordés avec les pôles de deux batteries ; il est lui-même raccordé avec l'autre pôle de chacune des deux batteries. Selon que le réservoir est plein d'air comprimé, ou non, il ferme l'un des deux circuits sur les électro-aimants de la valve électro-pneumatique auxiliaire, qui fait fonctionner, ou laisse au repos le régulateur supplémentaire du foyer de la chaudière ou du calorifère.

L'air comprimé qui sert à commander tous les régulateurs peut provenir d'une source quelconque, pompe, distribution d'un secteur, ou d'un réservoir. Lorsqu'on dispose d'une pression d'eau, on peut le produire d'une manière très simple, au moyen de la pompe (fig. 673), raccordée sur la conduite d'eau.

L'eau sous pression arrive dans un réservoir fermé par un diaphragme, lui-même raccordé par une tige à un système de bielles et pistons, qui commandent alternativement l'entrée d'eau pour la compression de l'air, et son évacuation quand les réservoirs d'air comprimé sont fermés.

Le diaphragme ferme lui-même un second réservoir, sur lequel est branchée la valve spéciale à deux clapets (fig. 674).

Quand l'appareil est sous pression d'eau, le clapet inférieur est collé sur son siège, et ferme la communication avec

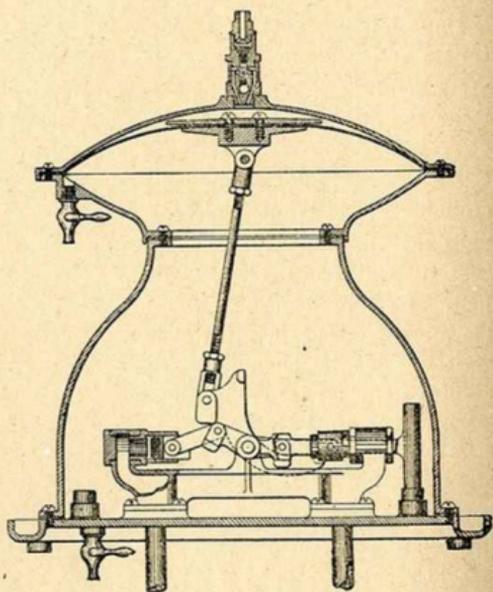


FIG. 673.

l'extérieur ; le clapet supérieur est ouvert, et met le réservoir d'air comprimé par le diaphragme en communication avec les valves électropneumatiques du système. A ce moment, le diaphragme est au point haut de sa course, et l'évacuation d'eau est fermée.

Aussitôt que la pression d'air comprimé cesse d'exister, le clapet supérieur retombe sur son siège, le clapet inférieur formant reniflard s'ouvre, le diaphragme s'abaisse, et l'eau contenue s'écoule, l'arrivée d'eau sous pression cessant de se faire.

Le système Johnson a reçu, en Amérique, de fort nombreuses applications, si on en juge par la liste d'installations importante publiée par ses constructeurs.

Ce système a été introduit en Europe par la voie allemande, une filiale existant à Berlin. Pour notre compte, nous avons eu l'occasion d'essayer un de ces appareils, adapté à un robinet placé sur un radiateur, et alimenté par de la vapeur d'échappement.

Nous avons eu beaucoup de peine à le régler, probablement parce qu'il n'était pas établi pour les conditions sous lesquelles nous voulions le faire fonctionner, et, malgré l'intervention d'un ouvrier du constructeur, nous n'avons obtenu qu'un résultat médiocre, et avons dû renoncer à l'employer.

Nous ignorons si des applications en ont été faites en France.

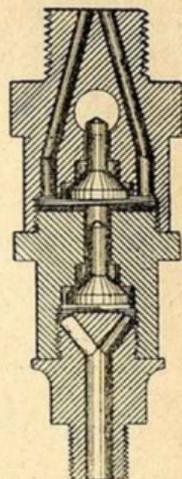


FIG. 674.

RÉGULATEUR DE LA NATIONAL REGULATOR CO

Ce régulateur, américain encore, est construit à Chicago, et se compose d'un thermostat, d'une canalisation d'air comprimé, et de régulateurs.

Il y a deux modèles de thermostats. Le premier, le plus ancien, date de 1900.

Il comprend (*fig. 675*) un tube A, en caoutchouc vulcanisé, de 25 millimètres de diamètre et 125 millimètres de longueur, monté sur une base creuse en laiton poli, et couronné d'un chapeau également en laiton poli.

Ce tube en caoutchouc vulcanisé est excessivement sensible aux changements de température, même les plus légers. La moindre variation de longueur, par l'intermédiaire du bouchon H et de la tige K, s'appuyant sur le siège M, produit le mouvement d'un petit bras de levier O, placé à l'extrémité d'un ressort N. Quand le tube se contracte, sous l'action d'un

abaissement de température, la tige K appuie sur le siège M, et le levier O vient fermer l'ouverture G d'une petite valve d'air comprimé, munie intérieurement d'un filtre d'air P. Au contraire, si le tube se dilate, la tige K cesse d'appuyer sur le siège M, et le levier O se relève sous l'effort du ressort N. L'air comprimé emplit alors le tube, et, par le petit

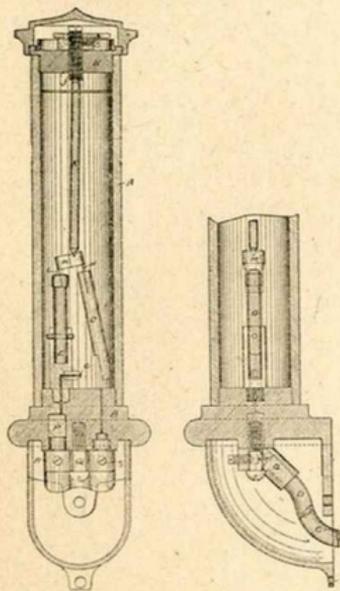


FIG. 675.

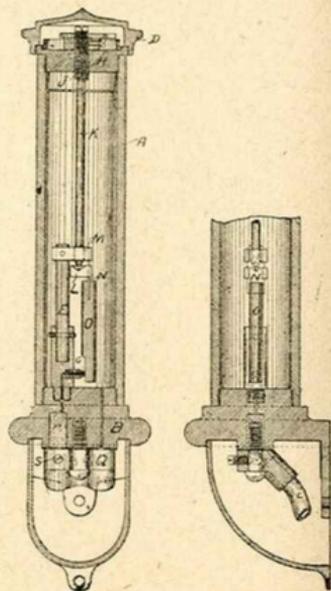


FIG. 676.

orifice B et le tuyau D, se rend au moteur du régulateur, qui sera décrit plus loin.

Le réglage de l'appareil pour une température déterminée se fait au moyen de l'écrou J, dans le bouchon supérieur H.

La vis R, dans l'arrivée Q de la valve d'admission, commande un petit pointeau, qui peut intercepter l'arrivée d'air comprimé, au cas où on a besoin de déplacer l'appareil ; la vis S, dans l'orifice de sortie d'air comprimé, remplit le même but, et sert au réglage initial du débit d'air comprimé.

Ce thermostat correspond donc à deux tuyauteries, l'une d'arrivée d'air comprimé, l'autre de distribution de cet air comprimé aux régulateurs.

Dans un autre type de thermostat (fig. 676), il n'existe qu'un seul tuyau, la deuxième tubulure étant ouverte dans l'atmosphère, pour former échappement d'air comprimé.

Quand l'élément dilatable A, en raison de la haute température de la pièce chauffée, n'exerce aucune pression sur la tige K, la valve O est fermée, ce qui empêche la sortie de l'air comprimé dans le thermostat. A ce moment, la source d'air comprimé est raccordée directement sur le moteur du régulateur. Si, au contraire, la température de la pièce s'abaisse, le thermostat se contracte, la valve O s'ouvre, et la pression d'air comprimé tombe instantanément, la tubulure B est ouverte à l'atmosphère.

La pression motrice peut être produite, soit par de l'air comprimé, soit plus simplement, si on le désire, par le gaz d'éclairage de l'immeuble.

La figure 677 montre la disposition de réglage d'un foyer de chaudière ou de calorifère par le gaz d'éclairage.

Un petit gazomètre reçoit le gaz évacué par le thermostat, et équilibre la pression, en même temps que son mouvement d'ascension ou de descente, sous l'influence de l'augmentation de pression ou de la diminution, produite par l'ouverture ou la fermeture de la valve du thermostat. Le gaz est évacué par un tuyau capillaire, de manière à sortir très lentement, ce résultat peut être obtenu très simplement en introduisant un fil de fer ou une petite tige, sur une grande longueur, dans un tuyau d'un diamètre un peu plus gros.

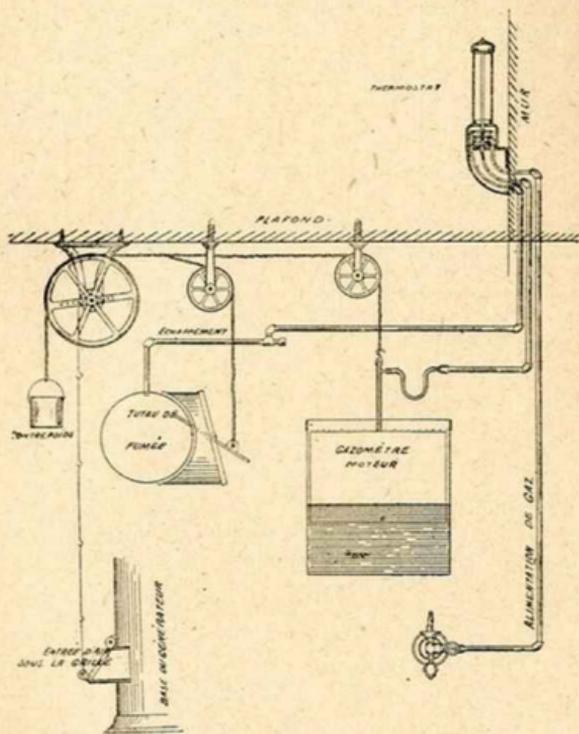


FIG. 677.

La figure 677 montre une évacuation de gaz dans la cheminée. Cette disposition peut étonner à première vue, et, bien que la quantité de gaz évacuée périodiquement soit très peu importante, on pourrait craindre une explosion, si le mauvais tirage de la cheminée laissait se produire une poche de gaz sur son parcours. Il semblerait évidemment plus rationnel d'envoyer ce gaz sous le foyer. Encore n'est-ce pas là une dis-

position qui donnerait sécurité, et, pour notre part, nous ne nous risquons pas à l'adopter, et nous préférons faire une évacuation libre à l'extérieur.

Ce système de réglage doit, sur nos canalisations de gaz en France, être assez défectueux et irrégulier, en raison de la faible pression des usines à gaz dans la journée, et de l'augmentation de pression le soir.

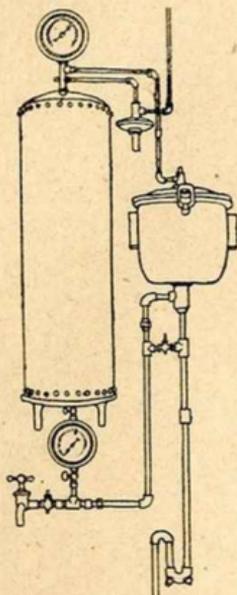


Fig. 678.

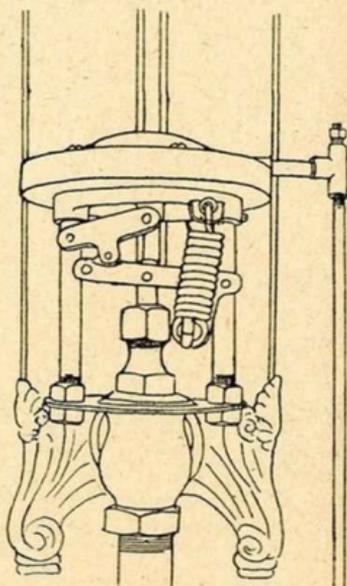


Fig. 679.

La figure 678 montre un système d'air comprimé par la pression d'eau de la ville, que nous préférons.

L'eau arrive dans un petit réservoir, séparé en deux parties par un diaphragme intérieur, et refoule l'air comprimé dans le réservoir de 50 à 60 litres placé à côté. Ce réservoir est muni d'un manomètre et d'un détendeur, sur lequel est branchée la distribution aux thermostats, qui doit être à pression constante.

Quand on s'aperçoit que cette pression devient trop faible, on fait écouler l'eau du réservoir, l'air rentre par un reniflard, à la pression atmosphérique, dans le réservoir d'air comprimé, puis on remplit d'eau à nouveau, et on produit une réserve d'air comprimé pour plusieurs jours.

Quant aux régulateurs de la *National Radiator Co*, ils n'ont rien de spécial, et ressemblent beaucoup aux appareils Johnson, précédemment décrits.

La figure 679 montre le robinet de radiateur, avec son réservoir d'air comprimé à diaphragme, qui commande la tige de manœuvre du clapet du robinet, absolument comme nous l'avons montré pour l'appareil Johnson (fig. 668).

La figure 680 montre une disposition de régulateur à air comprimé appliqué à un foyer de chaudière ou de calorifère, analogue au régulateur de combustion Johnson (fig. 669).

Enfin, la figure 681 montre comment un tel système peut être appliqué à un calorifère à air chaud, pour déterminer dans un conduit de chaleur un mélange d'air chaud, sortant de la chambre de chaleur du

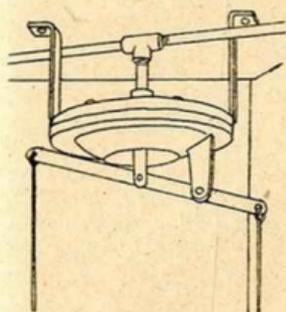


FIG. 680.

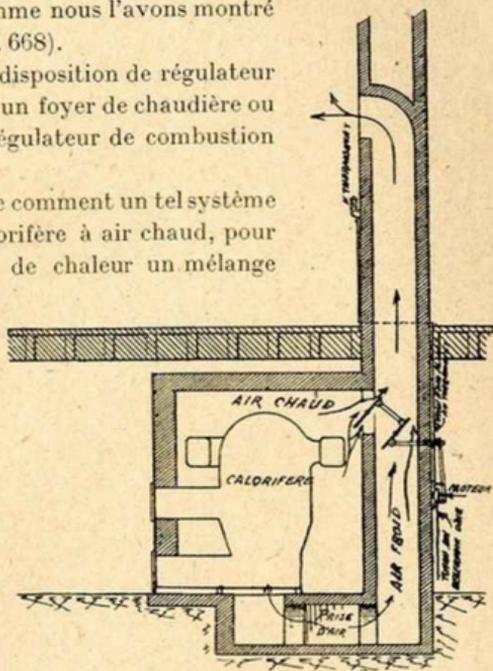


FIG. 681.

calorifère, et d'air froid, pris directement dans la prise d'air, pour permettre l'arrivée de l'air à la bouche de chaleur à une température plus ou moins élevée, suivant que le thermostat indique qu'il fait trop ou pas assez chaud dans la pièce.

THERMO-RÉGULATEUR HEINTZ

On emploie depuis longtemps le système de tubes Heintz pour une infinité d'usages, et, entre autres, pour le réglage automatique de la température.

On connaît le principe de ces tubes, que nous avons exposé dans le chapitre des *Purgeurs*, et qui ont été répandus, puis imités dans tous les pays du monde, où leur succès fut toujours très grand.

Un liquide très dilatable, et dont le point d'ébullition est à basse tem-

température, est enfermé dans un tube-ressort aplati, en laiton écroui très mince. Ce tube-ressort, placé dans un milieu à une température donnée, se déforme, en se dilatant ou se contractant, aussitôt que la température varie, et la sensibilité est telle que la déformation est appréciable à un quart de degré près.

Dans le thermo-régulateur (*fig. 682*), ce tube a la forme d'un cercle presque complet. Une des extrémités, B, est raccordée à une manette, qui se manœuvre devant un cadran gradué, de manière à pouvoir être disposée pour une température donnée, 18° par exemple, ou déplacée pour une autre température quelconque; 19°, 20°, etc. L'autre extrémité est raccordée à un levier, qui ouvre ou ferme l'arrivée de vapeur ou d'eau à la surface de chauffe.

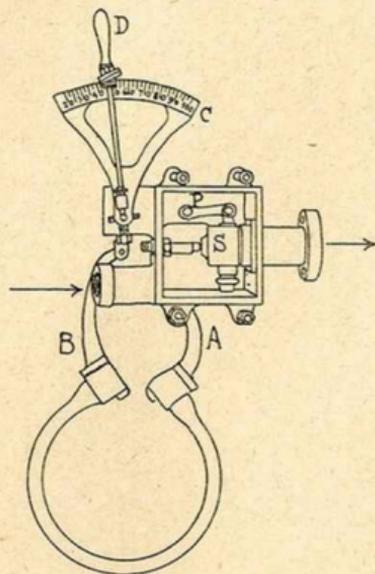


FIG. 682.

L'appareil étant réglé pour une température, si celle-ci vient à diminuer ou à augmenter, le tube-ressort se contracte ou se dilate, ouvrant ou fermant en tout ou en partie l'arrivée du fluide agent de chauffage, jusqu'à ce que la température normale soit rétablie.

Cet appareil, très employé pour le chauffage des liquides ou pour le chauffage des séchoirs industriels, est malheureusement trop coûteux pour que son emploi puisse se généraliser dans les chauffages d'habitations.

Il n'est, du reste, applicable qu'aux chauffages par l'eau chaude ou par la vapeur.

RÉGLAGE AUTOMATIQUE DE TEMPÉRATURE, SYSTÈME FRITZ KAEFERLÉ DE HANOVRE

L'appareil du constructeur allemand se compose de deux organes distincts, un thermomètre électrique, ou électro-thermomètre, et un robinet commandé par un électro-aimant, ou électro-soupape.

Ce système est uniquement applicable au chauffage par la vapeur à basse pression.

L'électro-thermomètre (*fig. 683*) se compose principalement d'un ressort *F*, composé de deux métaux dont le coefficient de dilatation est très différent, et dont une extrémité est vissée sur le support *P*, et l'autre extrémité est libre devant le contact *C*.

Le support *P*, qui porte le ressort *F*, et qui est traversé par le support du contact, est fixé dans une boîte de protection, au moyen de deux ressorts *S*₁, *S*₂, et le contact lui-même est solidaire du ressort *S*₁, de manière que les trépidations ne puissent avoir aucune influence sur le réglage et le fonctionnement du système.

Lorsque la température demandée n'est pas atteinte, un circuit électrique, obtenu au moyen d'une batterie de piles, est établi à la partie haute par les deux fils indiqués par les lignes ponctuées, et dont l'un est raccordé avec le support *P*, et l'autre avec le support du petit contact.

Dès que la température s'élève, le ressort se dilate, et repousse le contact, ce qui interrompt le courant, le support de ce contact ne touchant plus le support *P*.

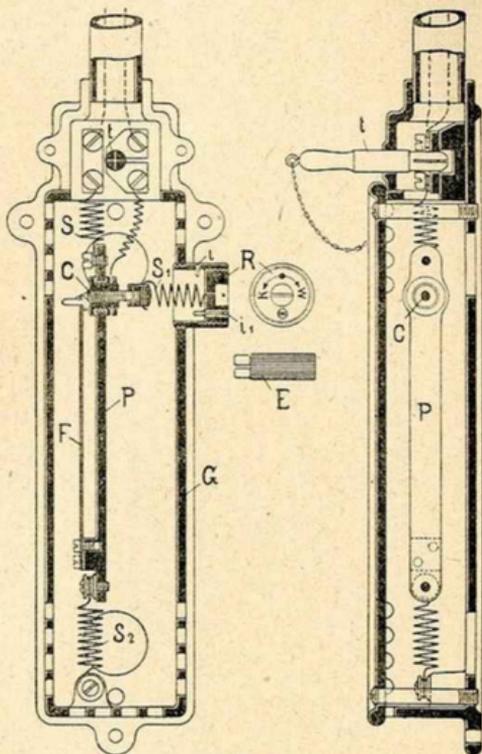


FIG. 683.

Le réglage de la température pour laquelle on veut établir le contact se fait au moyen du bouchon *R*, que l'on tourne avec la clef *E*, de manière à rapprocher plus ou moins le contact de l'extrémité du ressort *F*.

La différence de température suffisante pour produire ou rompre le contact, c'est-à-dire pour intercepter ou rétablir le courant, est d'environ 1°, ce qui détermine l'écart de sensibilité de l'appareil.

Nous avons expliqué (p. 272, *fig. 205* et *206*) le principe de la soupape et de l'injecteur de vapeur à basse pression dans un radiateur, d'après ces brevets de M. Kaeflerlé. L'électro-soupape (*fig. 684*) n'est pas autre

chose que la soupape d'admission de vapeur Kaefèrlé, dans laquelle le volant de manœuvre de la valve est remplacé par un électro-aimant M.

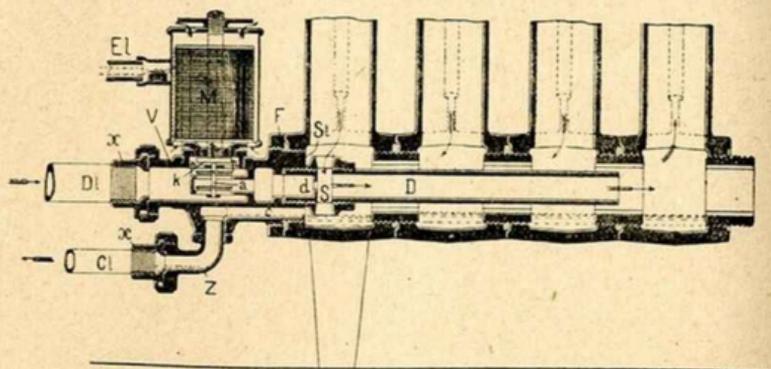


FIG. 684.

La soupape à double siège *a*, qui ouvre ou intercepte l'arrivée de vapeur venant du tuyau *Dl*, est terminée par un plateau en fer *K*, qui forme

l'induit de l'électro-aimant *M*, et qui est attiré, laissant la soupape ouverte, tant que le courant électrique passe. Ce courant, venant de l'électro-thermomètre, arrive par les fils *EL*. Aussitôt que le courant cesse de passer, c'est-à-dire quand, la température étant établie, le ressort de l'électro-thermomètre repousse le contact, le plateau *K* cesse d'être attiré, la soupape *a* retombe sur son siège, et ferme l'arrivée de vapeur.

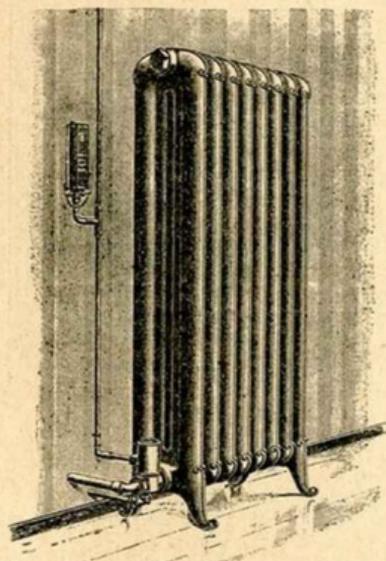


FIG. 685.

La figure 685 montre la disposition de l'appareil complet, électro-thermomètre et électro-soupape Kaefèrlé, appliqués à un radiateur. Les fils électriques, comme on le remarque, ne sont pas apparents, et sont placés dans un tube en fer.

L'auteur ne connaît cette disposition Kaefèrlé que par la description du brevet, et n'a jamais eu l'occasion de la voir appliquée.

RÉGLAGE AUTOMATIQUE PAR L'AIR COMPRIMÉ SYSTÈME GROUVELLE ET ARQUEMBOURG

En France, dès l'Exposition de 1900, MM. Grouvelle et Arquembourg expliquaient leur système de réglage automatique de la température, fonctionnant par l'air comprimé, ce système n'étant, comme les systèmes allemands, applicable qu'aux appareils de chauffage par la vapeur.

Nous avons vu précédemment (p. 407, fig. 405) le système de détenteur régulateur de pression de ces constructeurs, fonctionnant par l'air comprimé.

MM. Grouvelle et Arquembourg admettent que, pour maintenir constante la température d'une série de locaux, il suffit de faire varier la pression de la vapeur à l'origine, étant donné que la quantité de vapeur qui passera par l'orifice jaugé d'un robinet réglable, de leur type à pointeau, est proportionnelle à la pression.

Ils choisissent donc, dans un bâtiment chauffé par un système à vapeur détendue, dans lequel leur détenteur joue le rôle de régulateur de pression, une pièce type, dans laquelle ils cherchent à maintenir une température constante, et leur système de régulateur de température a pour but de faire varier la pression de vapeur, dès l'origine, au détenteur.

On voit donc que le système de réglage automatique de MM. Grouvelle et Arquembourg change le régime général de chauffage d'un immeuble, dès que le chauffage de la pièce type tend à dépasser la température maxima fixée.

Nous nous hâterons de dire que ce procédé nous paraît un peu audacieux, et nous lui ferons, dès maintenant, plusieurs critiques fondamentales.

La première est que les calculs des appareils de chauffage ne sont pas assez rigoureux pour qu'on puisse admettre *a priori* que le chauffage d'un immeuble produise régulièrement, en même temps, la même température dans toutes les pièces. Il est donc très risqué de dire qu'on diminuera tout le chauffage de l'immeuble quand la température maxima de la pièce considérée sera atteinte.

La seconde observation est que, les pertes de charge n'étant pas calculables rigoureusement, les pressions à l'entrée de chaque radiateur ne sont certainement pas les mêmes pour une même pression à l'origine. Il en résulte qu'en faisant varier la pression au détenteur on n'est pas sûr de modifier, dans la même proportion, le chauffage de tous les radiateurs, certains d'entre eux, les plus éloignés, ou ceux dont les canalisa-

tions présentent plus de résistances, pouvant très bien ne plus recevoir de vapeur.

Enfin, ajoutons que le régulateur n'est applicable qu'aux chauffages par la vapeur détendue, et ne peut compléter ni une installation de calorifère à air chaud, ni de vapeur à basse pression ou d'eau chaude.

Nous préférons de beaucoup les systèmes de réglage qui agissent individuellement sur chaque radiateur, et permettent de diminuer sa puissance de chauffage, quand la pièce qu'il chauffe est à une température suffisante, sans modifier le chauffage des autres pièces, dont la température est peut-être trop basse.

Ce système de réglage ne serait donc vraiment pratique que s'il s'appliquait isolément et indépendamment à chaque appareil.

Le régulateur de température Grouvelle et Arquembourg (fig. 686)

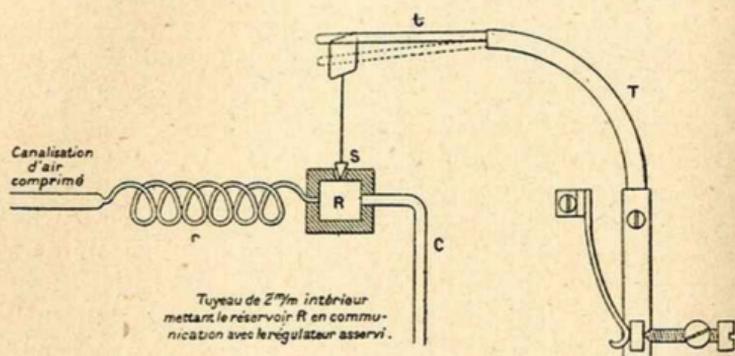


FIG. 686.

comprend essentiellement un petit réservoir R, qui reçoit l'air comprimé par l'intermédiaire d'une petite résistance, composée d'un tube capillaire en cuivre, d'un 1/2 millimètre de diamètre et environ 20 centimètres de longueur, enroulé en spirale. Cet air comprimé peut s'échapper du réservoir R par un orifice de 1 millimètre de diamètre, percé à la partie supérieure de ce réservoir, et bouché par une petite soupape S, fixée à l'extrémité d'un fil de laiton, qui se termine lui-même par un anneau carré. Cet anneau repose sur une tige *t*, fixée à l'extrémité du tube T d'un thermomètre métallique.

Si la température demandée n'est pas atteinte dans le local, la tige *t* prend la position indiquée par le pointillé, la soupape *s* repose sur son siège, et la pression d'air comprimé se transmet, par le tuyau C, au détenteur régulateur de pression.

Lorsque la température normale est atteinte, le tube thermométrique se dilate, relève la tige *t*, qui entraîne la soupape, et laisse écouler l'air

comprimé, celui-ci s'évacuant plus vite que le petit tube *r* ne permet la réalimentation. La pression d'air comprimé baisse en même temps au détendeur, qui laisse passer moins de vapeur, et diminue, par suite, la quantité de chaleur débitée par le radiateur.

RÉGULATEUR DE TEMPÉRATURE GROUVELLE ET ARQUEMBOURG PAR L'AIR RARÉFIÉ

A l'Exposition de Liège figurait un appareil basé, au contraire, sur la diminution de pression, ou sur un vide partiel de l'air (*fig. 687*). Ce sys-

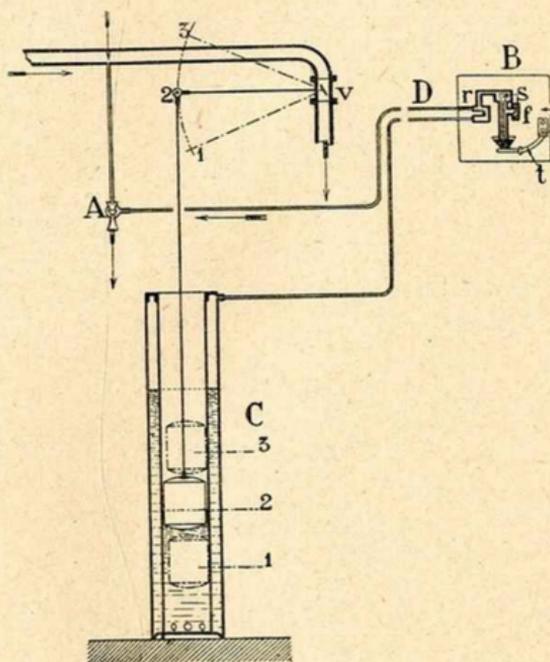


FIG. 687.

tème ne fonctionne encore que pour les chauffages par la vapeur marchant à une certaine pression, au moins 0^{kg},200 à 0^{kg},250.

L'appareil producteur de vide est un simple éjecteur A, analogue aux trompes à vapeur qui diminuent la pression dans les autoclaves de stérilisation ou les étuves à désinfection. Il doit donc être complété, d'une manière quelconque, par un condenseur, pour qu'il n'y ait pas de perte de vapeur.

L'aspiration d'air se fait par un tuyau D à un transmetteur B, placé dans le local dont on veut maintenir la température constante. Cet appareil fonctionne essentiellement sous la direction d'un tube thermométrique t , analogue à celui décrit précédemment, et qui se déforme suivant les variations de la température. Ce tube commande une soupape s , de 3 millimètres, placée en dérivation sur la conduite d'air raréfié, et séparée de l'air atmosphérique par un bain de mercure. Une résistance r , composée d'un tube de 1/2 millimètre, enroulé en spirale, comme dans le régulateur à air comprimé, raccorde l'appareil à la canalisation D, au-dessus du siège de la soupape, pendant qu'une rentrée d'air f laisse communiquer le dessous de la soupape avec l'atmosphère, avec interposition d'un filtre à air.

Si la température du local est inférieure à celle fixée, la soupape S est fermée, et l'appareil est sous la dépression de l'éjecteur A, cette dépression se transmettant, par un deuxième tuyau D, à un troisième appareil, nommé récepteur. Un reniflard, placé en un point quelconque, maintient, du reste, cette dépression dans de justes limites.

Si, au contraire, la température du local tend à dépasser celle fixée, la soupape S s'ouvre, et la dépression diminue jusqu'à s'annuler, parce que la résistance r ne peut laisser passer l'air aspiré par l'éjecteur aussi vite que cet air peut rentrer par le filtre f .

Le récepteur C se compose de deux vases communicants concentriques, remplis en partie d'huile. Un flotteur plonge dans le vase intérieur; le vase extérieur, fermé, est raccordé avec le transmetteur B, par le deuxième tuyau D.

Enfin, le flotteur commande, par une tige rigide, le robinet v , placé sur la distribution de vapeur, ou peut commander un appareil à membrane pour les petits robinets.

On comprend que, si la soupape du transmetteur est fermée, c'est-à-dire si le maximum de température n'est pas atteint dans le local, le vide se transmet dans le vase extérieur par le deuxième tuyau D, le niveau de l'huile monte dans le réservoir extérieur, et baisse dans le réservoir intérieur, entraînant le flotteur, qui ouvre davantage la valve de vapeur V, c'est-à-dire augmente l'intensité du chauffage.

Au contraire, si la température du local est trop élevée, la soupape du transmetteur est ouverte, le vide n'existe plus, et le flotteur remonte, fermant l'arrivée de vapeur.

Entre les deux positions extrêmes, un vide moyen persiste, laissant le flotteur dans une position intermédiaire, qui règle la soupape de vapeur pour une ouverture permettant juste le débit de vapeur capable de maintenir la température demandée.

RÉGULATEURS DORIAN

Le principe des régulateurs Dorian est représenté par le schéma I de la figure 688.

Une ampoule, prolongée par un tube plissé, contient un liquide très dilatable, de l'alcool éthylique par exemple. Sous l'influence de l'augmentation ou de la diminution de température du milieu dans lequel l'appareil est placé, le liquide se dilate ou se contracte, et le tube plissé s'allonge ou se raccourcit.

L'appareil du schéma II représente la réalisation pratique de ce principe. L'ampoule A est remplie d'un liquide dilatable, une boîte à clapet P est fermée, en bas, dans une cuvette hémisphérique H, par une membrane en caoutchouc D.

Au-dessous de la cuvette est placé un tube élastique en caoutchouc B, entouré d'un ressort en spirale C, le tout solidaire, d'une part, de la cuvette H, et, d'autre part, d'un tampon de fermeture I, qui peut glisser à frottement doux dans un tube C.

Le tube en caoutchouc C et la demi-cuvette H sont remplis de mercure.

Enfin, un ressort extérieur R tend à faire remonter le tampon I contre le tube en caoutchouc.

Quand la température tend à monter, le liquide contenu dans l'ampoule A se dilate, et la déformation du diaphragme D refoule le mercure, et tend à allonger le tube en caoutchouc C, qui peut supporter un effort de 12 kilogrammes par centimètre carré.

En pratique, on n'utilise que le quart de cet effort. On peut donc comprendre que le déplacement de l'extrémité du tampon I, sous l'influence de l'allongement ou de la contraction du tube en caoutchouc C, est capable de manœuvrer un robinet d'eau, un robinet de vapeur, ou un registre de calorifère à air chaud, qui ne nécessite pas, pour cette manœuvre, un effort de plus de 3 kilogrammes par centimètre carré.

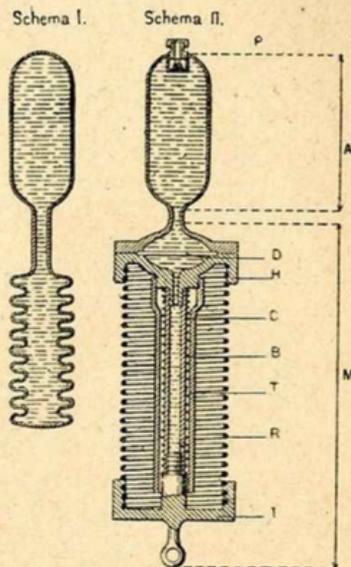


FIG. 688.

LE CHAUFFAGE DES HABITATIONS

Un appareil ainsi construit ne peut opérer à distance, et devrait être placé contre l'organe à manœuvrer, robinet ou registre, ce qui n'est pas le cas général.

Mais il est facile de séparer l'ampoule, contenant le liquide dilatable, du tube déformable, et de les raccorder par un tube capillaire, de la longueur nécessaire. On peut aussi remplacer cette ampoule par un serpentin constitué par un tube analogue, de manière à augmenter la surface de

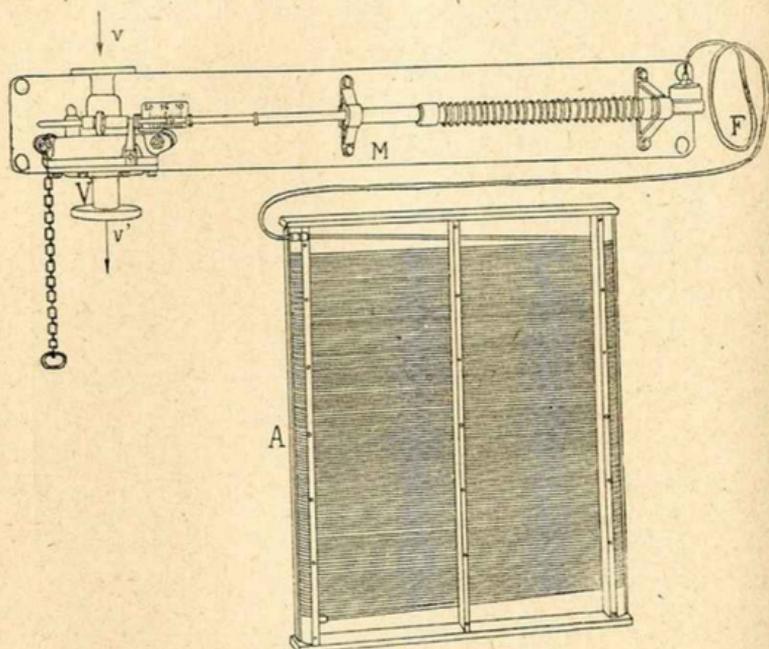


FIG. 689.

contact avec le volume d'air dont il s'agit de régler la température, et de rendre, par suite, sa sensibilité extrêmement grande, de manière que son opération soit presque instantanée pour le plus petit changement de température.

La figure 689 montre un appareil Dorian disposé pour commander un robinet de vapeur ou d'eau chaude. Une disposition identique permettrait de commander un registre de tirage de foyer, ou un registre de conduit de chaleur d'un calorifère à air chaud.

L'ampoule est remplacée par le tube capillaire A, enroulé en spirale sur un cadre, et raccordé au régulateur par un tube analogue F.

Le régulateur est fixé sur la planchette M, sur laquelle on voit : à

droite, une cuvette en bronze, qui contient la membrane séparant le liquide dilatable du mercure qui remplit cette cuvette, et le tube en caoutchouc, entouré d'un ressort en spirale, placé à sa gauche. Un tube protecteur fait suite, et contient une tige de manœuvre, qui est fixée, d'un bout, au tube en caoutchouc, et qui, de l'autre bout, vient commander le robinet de vapeur V, placé à gauche sur la planchette, et dans lequel la vapeur entre suivant la flèche *v*, et sort suivant la flèche *v'*. La longueur de la tige est réglable au moyen d'un petit manchon droite et gauche, placé sur une échelle graduée, près du robinet V.

Ces régulateurs sont excessivement précis ; on ne leur reproche que leur prix malheureusement assez élevé. Ils contiennent de l'alcool éthylique, pour régler les températures jusqu'à 70°, ou de l'aniline, pour les étuves jusqu'à 175°.

De nombreux constructeurs, pour la plupart Allemands, ont employé des dispositifs basés sur le même principe.

Nous ne les décrivons pas.

En réalité, le réglage de la température est une question extrêmement délicate, et qui, jusqu'ici, n'a pu être réalisé que par des appareils coûteux et d'entretien difficile. La question est tout à fait intéressante pour certains appareils industriels, et a justifié, notamment pendant la guerre, de nombreuses études suivies d'applications, dans les étuves à poudre par exemple. Ici elle se justifie par des raisons de sécurité ou de fabrication.

En matière de chauffage d'habitations, le problème, assurément intéressant, reste encore à résoudre.



CHAPITRE XXVII

ENVELOPPES CALORIFUGES

Nous avons expliqué, dans le chapitre des *Transmissions de la chaleur*, comment la chaleur se transmet à travers les parois, et nous en avons déduit les diverses méthodes de chauffage, et en particulier les applications de la radiation et de la convection.

Dans tous les systèmes que nous avons décrits, nous avons expliqué comment la chaleur, produite en un point aussi central que possible d'un édifice à chauffer, était conduite à distance, sous forme d'air chaud, d'eau chaude, de vapeur.

Malheureusement, ce transport ne se fait pas sans pertes. Les véhicules dont on se sert pour emporter le fluide, agent de transmission de la chaleur, sont eux-mêmes des radiateurs plus ou moins parfaits, suivant leur nature.

Les enveloppes en briques des calorifères à air chaud ou des chaudières, les parois en terre cuite des conduits de chaleur, les tuyaux en fer, en fonte ou en cuivre dans lesquels circulent la vapeur ou l'eau chaude, sont autant de surfaces de radiation.

Dans les caves ou les sous-sols, généralement à basse température, et sous l'influence des courants d'air produits par les soupiraux, toutes ces surfaces, tous ces conduits, ou tous ces tuyaux, transmettent une quantité de chaleur considérable, qui est souvent estimée par les constructeurs à 10, et même 15 0/0, de la chaleur produite par les générateurs de chauffage.

Il y a donc un gros intérêt à chercher à atténuer ces pertes dans la plus large mesure possible, d'abord parce qu'on évite ainsi le chauffage de locaux qui, par leur destination même, devraient rester à basse température, comme les caves à vin ; ensuite parce que ces pertes de calories se traduisent par une consommation de charbon inutile.

Le calorifuge parfait, qui empêcherait absolument toute perte de chaleur, permettrait donc d'économiser 10 à 15 0/0 de la consommation de charbon d'un hiver, ce qui est vraiment très important.

Ce calorifuge idéal n'existe pas, malheureusement, puisque tous les corps sont pénétrables à la chaleur ; mais on trouve néanmoins des corps, très mauvais conducteurs, dont l'emploi doit être conseillé.

Il n'est pas téméraire de dire qu'un bon calorifuge, judicieusement employé, permettra de réduire à 5 ou 6 0/0 les pertes de chaleur, ce qui fait réaliser encore une économie très appréciable.

En examinant, dans notre chapitre des *Lois de transmission de la chaleur*, les coefficients de transmission par conductibilité, et la liste des corps bons ou mauvais conducteurs, on remarquera que les gaz, l'air en particulier, le charbon, les cendres, le liège, le bois, les sables siliceux, etc., sont les corps les plus mauvais conducteurs de la chaleur. C'est donc parmi eux qu'on recherchera les isolants ou calorifuges.

Pour les enveloppes des calorifères à air chaud et des conduits de chaleur, une excellente méthode consiste à construire des doubles parois en briques, écartées l'une de l'autre de 5 à 6 centimètres, de manière à emprisonner entre elles une couche d'air, qui est un isolant très bon. Ceci à la condition, bien entendu, que l'enveloppe extérieure soit parfaitement étanche, et ne laisse aucun courant d'air, ou aucune circulation d'air possible entre les deux parois, sans quoi le remède serait pis que le mal.

On trouve dans le commerce des briques creuses, qui constituent par elles-mêmes ces doubles cloisons ou enveloppes d'air, et qui sont très à conseiller.

Mais la meilleure méthode, pour la double enveloppe extérieure, consiste à employer des briques ou carreaux spéciaux, vendus sous les noms de lièges agglomérés, liègines, subérine, etc. Ces plaques, moulées à la dimension des briques ordinaires, ou à celle des carreaux de plâtre, sont des composés de déchets de liège, mélangés en proportion plus ou moins grande avec de l'amiante, en bourre ou en poudre, et agglomérés avec un silicate de chaux ou de soude, ou mieux avec du brai, puis passés au four. Ces enveloppes sont très légères, et constituent un très bon isolant, surtout si on a soin d'emprisonner une couche d'air, comme nous l'avons dit.

Nous les conseillons spécialement pour doubler les parois en maçonnerie des calorifères à air chaud ou des conduits de chaleur. Nous ne préconisons pas cette disposition de double enveloppe pour les parois métalliques, chaudières, réservoirs, pour lesquelles nous estimons que les enduits doivent être appliqués contre le métal, de manière à éviter l'action de l'humidité et la production de la rouille, comme nous l'expliquons ci-après.

Pour les conduits d'air chaud traversant le sol, nous avons expliqué, au chapitre des *Calorifères à air chaud* (p. 186, fig. 119 et 120), comment,



dans les terrains très secs, on peut se contenter de les placer dans une tranchée, en les enveloppant d'une couche de mâchefer, de sciure ou de charbon de bois, et aussi comment, pour les terrains humides, il valait mieux les disposer dans des carreaux en briques creuses, avec un isolement d'air à l'intérieur, et un enduit en ciment extérieur.

Les chaudières à eau chaude et à vapeur ne peuvent être isolées de la même manière : les calorifuges en composés de liège sont toujours combustibles, plus ou moins suivant la quantité d'amiante qu'ils contiennent, et créeraient des dangers d'incendie au voisinage des portes de foyers, des boîtes à fumée, ou des tuyaux de fumée.

Certains architectes prescrivent, dans leurs Cahiers des charges, des enveloppes en briques ou en briques de liège, placées à une certaine distance, de manière à laisser un isolement d'air. C'est une disposition aussi mauvaise que possible au point de vue de la conservation des tôles, que l'humidité a tôt fait de rouiller et de ronger, pendant les six mois de non-fonctionnement, en été. Nous avons vu des tôles de chaudières de 8 et 10 millimètres rongées en cinq ou six ans pour cette raison.

Le constructeur auquel un architecte imposera cette méthode ne devra l'accepter qu'à son corps défendant, et en faisant les plus expresses réserves, pour dégager sa responsabilité dans l'avenir.

Ce n'est que sous forme d'enduit que les calorifuges doivent être placés sur les chaudières, sur les réservoirs, sur les conduits de fumée en tôle.

Poudre d'amiante, poudre de terres fossiles ou kisselgur, composition Jeanneau, etc., ces calorifuges, livrés en sacs, doivent toujours être appliqués humides, et de préférence quand la surface à enduire est chaude.

On commence par passer une première couche très liquide de ces enduits, au moyen d'un pinceau, puis, toujours avec le même pinceau, on applique des couches de plus en plus épaisses, ou moins diluées d'eau, en ayant soin d'attendre qu'une couche soit bien sèche avant de passer la suivante.

Quand l'épaisseur atteint quelques millimètres, on gâche l'enduit très serré, et on l'applique avec une truelle, comme du plâtre, en donnant 6 à 8 centimètres d'épaisseur. Pour assurer plus de durée, il est bon de terminer par un enveloppement en toile métallique spéciale, maintenu par des cercles en métal, de manière à éviter que l'enduit ne se désagrège sous l'influence des chocs ou de l'humidité.

On employait beaucoup autrefois le coton minéral, silice ou verre, en forme de flocons ressemblant à de l'ouate, emprisonné entre deux toiles métalliques, et qu'on ligaturait avec du fil de fer. C'est un très bon isolant, mais il a l'inconvénient de se tasser, de se réduire en poussière sous l'in-

fluence des chocs et même des trépidations continues ; de plus il coûte cher ; on l'abandonne de plus en plus.

Les enduits précédents sont très bons. Ils valent, tout posés, de 8 à 15 francs le mètre carré¹.

Ils protègent, en outre, le métal, en évitant le contact de l'air, et prolongent sa durée.

Pour envelopper les tuyaux de vapeur ou d'eau chaude, on n'a que l'embaras du choix parmi les isolants nombreux maintenant sur le marché. Liège en coquilles, liège en bourrelets, amiante en feuilles ou en bourre, bourrelets de soie, papier ondulé, enduits analogues à ceux décrits pour les chaudières, les isolants se vendent par centaines.

La méthode la plus simple, mais aussi la moins bonne, consiste à envelopper avec de la paille ou du foin. Ce calorifuge n'est pas mauvais, mais il pourrit et dure peu.

On construit parfois des caisses en planches autour des tuyaux, et on les emplit de cendres, ou de sciure de bois. L'isolant n'est pas mauvais, mais encombrant et incommode, parce qu'il ne laisse pas les joints visibles.

Les coquilles en liège, en deux parties pour les tuyaux de petits diamètres, en lamelles longitudinales pour les gros tuyaux, avec un enrou-

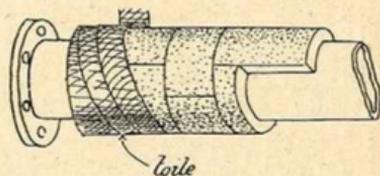
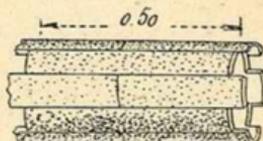
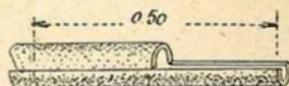


FIG. 690.

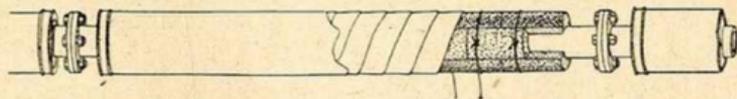


FIG. 691.

lement en toile et un goudronnage extérieur, quelquefois des manchettes en zinc aux extrémités, sont souvent employées (fig. 690). Elles ne sont à conseiller que pour les basses températures, car elles peuvent se consu-

1. Prix d'avant-guerre.

mer aux températures élevées de la vapeur ou de l'eau chaude à haute pression.

On leur préfère les coquilles en terre siliceuse, kieselgur, diatomites, composition Jacquin Barbier, composition Jeanneau, etc., etc., entourées d'une ou deux bandes de toile, peintes ensuite, et maintenues aux extrémités, au voisinage de chaque joint, par des manchettes en zinc ou des serrages en fil de fer (fig. 691).

Pour la vapeur ou l'eau chaude à haute pression, on conseille souvent les calorifuges en déchets de soie. On commence par poser une bande en

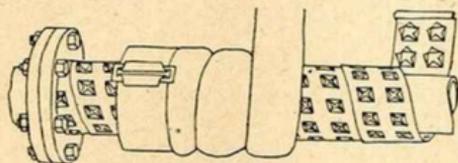


FIG. 692.

métal ou une toile métallique, dans laquelle on a percé des ouvertures laissant saillir les bords, de manière à maintenir une couche d'air isolante: puis on enroule des bourrelets formés de déchets de soie,

bourrés dans une enveloppe en soie ou en jute en forme de boudin, et on arrête les extrémités par des manchettes en zinc (fig. 692). Ces enveloppements, qui peuvent être faits par des monteurs chaudronniers, sans déplacements de spécialistes, sont bons, mais coûtent cher.

Pour les chauffages par l'eau chaude ou par la vapeur à basse pression, il est très suffisant d'employer des bourrelets Jeanneau, en déchets de liège mélangés de terre fossile, enfermés dans une enveloppe en jute, et qui s'enroulent directement sur les tuyaux, avec des ficelages en fil de fer aux extrémités.

On offre encore des calorifuges en matelas de bourre d'amianté (asbestos); ce calorifuge est bon, mais il est cher.

MM. Grouvelle et Arquembourg emploient un calorifuge en papier ondulé ignifugé, analogue à celui employé pour certains emballages. Cet isolement, qu'ils appellent *Aéro-Calorifuge*, se pose très facilement. On commence par enrouler en spirale, à pas rapide, une cordelette d'amianté *a* (fig. 693),

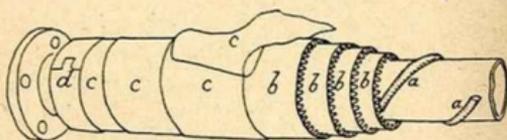


FIG. 693.

puis on entoure avec plusieurs bandes de papier ondulé, préalablement ignifugé pour éviter les combustions spontanées, et on recouvre le tout d'une bande de toile, maintenue aux extrémités par des manchettes en zinc.

Le principe de ce calorifuge est bon, puisque l'isolement est assuré

par des couches d'air successives ; mais il est à craindre que le papier ne résiste pas longtemps à l'humidité, pendant les périodes d'été, où le chauffage ne fonctionne pas.

Nous pensons que les enduits, identiques à ceux que nous avons décrits pour les chaudières, sont encore les isolants les plus efficaces et les plus durables, et nous n'hésitons pas à les conseiller, de préférence à tous les autres, bien qu'ils soient assez coûteux, et exigent pour la pose une main-d'œuvre exercée.

En terminant, disons que les calorifuges améliorent vraiment les conditions de fonctionnement des chauffages, et permettent de réaliser une sensible économie.

Il serait naïf de croire, toutefois, qu'ils suppriment toute perte de chaleur. Nous avons vu des Cahiers des charges spécifiant gravement que la température à la surface extérieure de ces enduits ne devra pas dépasser 25 à 30°. Nous nous garderions bien, et pour cause, d'accepter une telle clause de garantie, parce que, quel que soit le coefficient de conductibilité d'un corps, il finit toujours par prendre la température du corps contre lequel il est appliqué ; mais nous comprenons que, son coefficient de conductibilité étant très faible, il laisse traverser lentement la chaleur, et sa puissance de radiation est diminuée d'autant.

CHAPITRE XXVIII

CHAUFFAGE PAR LE GAZ D'ÉCLAIRAGE

Le chauffage par le gaz d'éclairage n'est employé que dans des cas très particuliers, par exemple dans un bureau qu'on n'occupe que peu d'heures par jour, ou dans un local dépourvu de cheminées, et de trop petites dimensions pour justifier l'installation d'un des systèmes de chauffage précédemment décrits.

Le principal avantage des appareils de chauffage par le gaz est la mise en service rapide, et l'arrêt instantané de la dépense quand on cesse de chauffer, puisqu'il suffit d'ouvrir un robinet et d'allumer pour commencer à chauffer, et de fermer le robinet pour arrêter le chauffage. Entre ces deux limites extrêmes, on peut régler à volonté la consommation du gaz, suivant la quantité de chaleur désirée, et il existe même un certain nombre de régulateurs automatiques (Dorian, Lequeux, etc.), qui agissent sur l'orifice de réglage du débit de gaz, et mettent l'appareil en veilleuse quand la température est atteinte.

La puissance calorifique du gaz varie avec sa composition chimique, et, on peut dire, avec l'usine qui le produit, et le combustible qu'elle emploie.

A Paris, le gaz d'éclairage a une densité d'environ 0,6, et sa composition est la suivante :

Hydrogène protocarboné.....	0m ³ ,5
Hydrogène bicarboné.....	0 ,1
Oxyde de carbone.....	0 ,1
Hydrogène	0 ,2
Azote et divers	0 ,1

La combustion complète, obtenue avec un volume d'air de 5 à 6 mètres cubes, représente 5.500 à 6.000 calories par mètre cube¹.

1. Le Cahier des Charges de la nouvelle Société du gaz de Paris ne demande plus qu'un pouvoir calorifique de 5250 calories par mètre cube. Une dérogation lui

Les meilleurs poêles à gaz utilisent 60 à 70 0/0, soit au maximum 4.000 calories par mètre cube.

Si on considère, par exemple, que le mètre cube de gaz coûte 0 fr. 30 à Paris, et fournit 4.000 calories utiles, on voit que la calorie revient à :

$$\frac{0,3}{4.000} = 0 \text{ fr. } 000075,$$

et que le chauffage d'une pièce de 40 mètres cubes, qui nécessite, en chauffage intermittent, 40 calories par mètre cube et par heure, représente une dépense de

$$0,000075 \times 40 \times 40 = 0 \text{ fr. } 12 \text{ par heure,}$$

ce qui n'est pas très économique, et certainement plus onéreux qu'un poêle à combustion lente.

Si on appliquait le gaz au chauffage par l'eau chaude, ou au chauffage par la vapeur, à fonctionnement continu, de jour et de nuit, comme la moyenne de calories à fournir descendrait vraisemblablement à 30 par mètre cube, au lieu de 40 admises ci-dessus, soit 1.200 par heure pour une pièce de 40 mètres cubes, la dépense descendrait à :

$$0,000075 \times 1.200 = 0 \text{ fr. } 09 \text{ par heure,}$$

ou 2 fr. 16 par vingt-quatre heures, ce qui correspond, à peu de chose près, à trois fois la consommation d'un poêle à combustion lente, type *Salamandre*, par exemple, brûlant de l'antracite¹.

Dans la plupart des poêles à gaz, on n'utilise pas directement la chaleur rayonnante de la flamme ; on l'emploie à chauffer des plaques, cuivre poli, fonte, terre réfractaire, touffes d'amiante, etc., qui rayonnent elles-mêmes dans la pièce à chauffer. On fait ensuite circuler les gaz de la combustion dans des tuyaux ou des coffres en tôle, avant de les évacuer dans une cheminée spéciale, et on établit une circulation d'air autour des surfaces de chauffe ainsi constituées.

Cette disposition ne laisse pas, du reste, que de présenter de nombreux dangers, et il convient de se méfier des appareils à gaz vendus très bon marché par des constructeurs incompetents, et de s'adresser à des maisons dont l'expérience est une garantie.

permet d'introduire dans le gaz de houille une proportion de 6 % de gaz à l'eau, ce qui réduit encore cette puissance calorifique.

1. Cette proportion plus exacte avec le prix actuel de l'antracite, qui est, à Paris de 325 francs la tonne, au lieu de 60 francs, prix d'avant-guerre.

Nombreux sont, en effet, les dangers que présente la combustion du gaz.

L'allumage doit être fait avec la plus grande précaution, pour éviter un écoulement prématuré de gaz, qui, stationnant avec l'air dans un espace clos, produirait un mélange détonant au contact de la flamme. Tous les bons appareils sont munis d'un allumeur, petit bec supplémentaire, qu'on ouvre d'abord, qu'on allume ensuite, et dont le robinet empêche l'ouverture du robinet général tant qu'il n'est pas lui-même tourné dans la position de l'allumage.

La combustion doit être complète dans le bec lui-même.

Dans ce cas, elle donne comme produits : de la vapeur d'eau, de l'acide carbonique et de l'azote.

M. le professeur Gréhan, dont les savantes expériences font autorité en la matière, a trouvé que, lorsque la combustion du gaz est gênée, comme dans certains appareils à incandescence, ou dans certains types de radiateurs, qui arrêtent la flamme trop près du bec, les gaz de la combustion contiennent en proportion notable et dangereuse de l'oxyde de carbone, et même de l'acétylène.

La Compagnie parisienne du Gaz, qui vient de disparaître à Paris pour

être remplacée par la Société du Gaz, avait installé un Laboratoire d'études, et créé, après des expériences nombreuses, des modèles d'appareils qui peuvent être cités parmi les meilleurs, et nous nous bornerons, pour fixer les idées, à en décrire quelques-uns.

Les becs sont du type Bunsen, à flamme bleue, placés sous l'appareil, et formant une ou deux

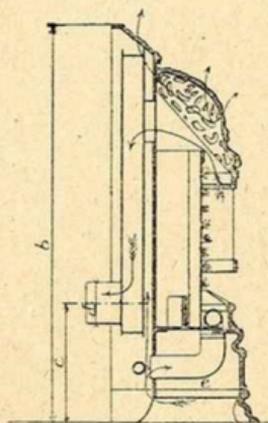


FIG. 694.

rampes de combustion, commandées par un ou deux robinets. La flamme s'élève verticalement, léchant, sans être gênée, une plaque réfractaire, rayonnante lorsqu'elle est portée au rouge, et sur laquelle sont maintenues, sous forme de dessins, de petites touffes de fibres d'amiante, qui deviennent incandescentes.

Le rayonnement trop violent est souvent atténué par une plaque de mica, qui laisse le feu visible.

Les gaz de la combustion se détendent ensuite dans un coffre, ou repos

de chaleur, placé à l'arrière, et autour duquel circule de l'air, entrant par le bas de la façade, ou sous l'appareil. L'air chaud sort à la partie haute. Les figures 694 et 695 représentent deux modèles de ces poêles-cheminées.

Dans le modèle cylindrique (fig. 696), le principe est analogue, mais la plaque rayonnante en terre réfractaire est cylindrique, et la surface de chauffe est placée au-dessus.

Tous ces modèles sont, du reste, plus ou moins luxueux, en fonte

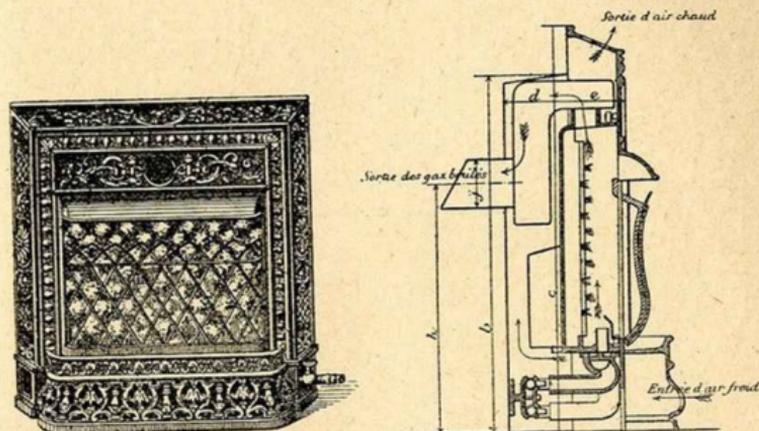


FIG. 695.

ornée ordinaire, ou en fonte émaillée, rehaussée ou non d'ornements nickelés, sous forme de cheminées, de poêles, de poêles de salles à manger, etc., etc., depuis les prix les plus modestes, 17 francs, jusqu'à 150 à 200 francs¹.

Nous pouvons citer encore les radiateurs Clamond, sortes de jeux d'orgues, composés de tubes en terre réfractaire percés de trous. Le gaz et l'air, en proportions convenables, arrivent à l'intérieur des tubes et sortent par les trous, et c'est à ce moment que se produit la combustion.

Des essais faits par M. Ogier, chef du service du Laboratoire de Toxicologie à la Préfecture de police, tendent à démontrer que la combustion est complète, par suite de l'excès d'air et d'oxygène, mélangés avec le gaz juste au point où se produit la combustion. Le rayonnement des tubes réfractaires portés au rouge est considérable, et le chauffage est très rapide et très puissant.

Nous n'insisterons pas davantage sur les appareils de chauffage par le gaz. Nous ne parlerons pas non plus des chaudières chauffées par le

1. Prix, d'avant-guerre

gaz, et dont une description détaillée trouvera mieux sa place dans notre ouvrage « *Théorie et pratique du Chauffage par l'eau chaude* » auquel nous renvoyons ceux que la question intéresse, notamment pour les petits chauffages d'appartements.

Nous ne parlerons pas des appareils de chauffage dans lesquels le gaz est remplacé par de l'acétylène; ils sont peu nombreux, et basés sur un principe identique, avec une seule différence dans le type de bec et la forme du brûleur.

L'acétylène est un gaz dangereux, qui, manié avec précautions, peut donner des résultats intéressants dans les pays privés de gaz, mais que, pour notre part, nous n'oserions pas confier à une domestique pour un appareil de chauffage.

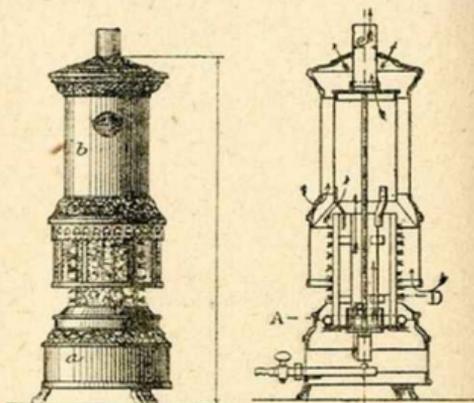


FIG. 696.

CHAPITRE XXIX

CHAUFFAGE PAR LE PÉTROLE

La puissance calorifique des huiles lourdes et du pétrole est d'environ 11.000 calories. Malheureusement la combustion complète est très difficile à réaliser dans les petits foyers.

L'étude des grands foyers industriels, celle des foyers de chaudières à vapeur, principalement employés en Marine, en raison de la facilité de loger les pétroles dans les soutes de navires, et aussi dans les pays des puits de pétrole, comme en Russie, nous entrainerait hors des limites de notre étude, et nous ne l'aborderons pas.

En réalité, les poêles à pétrole, foyer à flamme bleue du Familistère de Guise, à mèche ronde, foyer de la Société la « Flamme Bleue » (système Thuron-Wagner), à mèche longue, plate ou carrée (fig. 697), poêles A. Martin (fig. 698), etc., etc., ne sont autre chose que de grosses lampes, dans lesquelles la

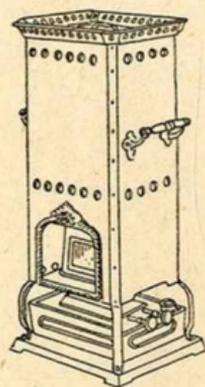


FIG. 697.



FIG. 698.

combustion du pétrole se fait autour d'une mèche, et avec une arrivée d'air convenablement disposée. Les gaz de la combustion passent dans une surface de chauffe métallique, autour de laquelle circule l'air destiné à assurer le chauffage de la pièce.

Ces appareils sont, en général, de petites dimensions, 0^m,50 à 0^m,60 de haut, et 0^m,25 à 0^m,30 de diamètre ou de côté ; ils sont portatifs, et évacuent les gaz de la combustion directement dans la pièce chauffée.

Quand la mèche est mal coupée ou trop montée, quand l'arrivée de l'air se trouve obstruée pour une raison quelconque, quand la combustion est gênée, le pétrole, en brûlant incomplètement, fume abondamment, et répand une odeur fort désagréable.

La figure 699 représente un appareil portable, connu sous le nom de table chauffante, et composé d'une grosse lampe, placée sous une table en forme de guéridon, qui reçoit par-dessous la chaleur de la lampe, et la rayonne par-dessus et par-dessous. La table a un diamètre de 0^m,45, et la lampe consomme 1/6 de litre de pétrole par heure.

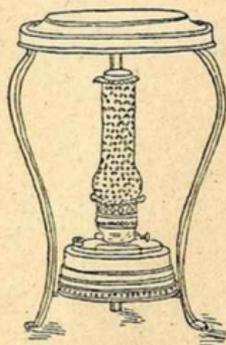


FIG. 699.

Nous n'avons jamais vu, en France, un appareil de chauffage par le pétrole de dimensions importantes, et nous ne pensons pas que ce modèle existe.

Par contre les brûleurs pour le chauffage des chaudières sont nombreux, brûleurs à pétrole, à essence, à huiles lourdes. Jusqu'ici ils ont trouvé peu d'applications pour le chauffage des habitations.

Les brûleurs à huile lourde, ou mazout, que la pénurie du charbon va nous obliger à étudier, n'existent pas encore pour les foyers domestiques de nos appareils de chauffage. Ils nécessitent l'emploi de fluides sous pression, vapeur ou air comprimé, ou d'installations mécaniques, qui ne sont pas du domaine des chauffages d'habitations.

La question est à l'étude, et il est certain qu'un avenir prochain nous apportera des solutions acceptables.

Pour le moment nous n'en connaissons pas.

CHAUFFAGE PAR L'ALCOOL

Nous dirons la même chose pour les poêles à alcool.

La puissance calorifique de l'alcool du commerce varie de 6.000 à 7.135 calories. L'alcool brûle facilement, sans qu'un très grand volume d'air soit nécessaire ; mais il altère rapidement les becs, et, somme toute, c'est un combustible assez délicat à employer utilement.

Il a, de plus, un très grave défaut en France : c'est son prix fort élevé, en raison des impôts dont il est frappé, et qui le rend à peu près inutilisable au chauffage.

Pour les usages domestiques, chauffage d'eau, cuisson rapide d'ali-

ments, la chaleur interne qu'il dégage, sa facilité d'allumage et d'extinction le rendent précieux dans les petits ménages, pour la préparation des petits déjeuners, de la tasse de café ou de chocolat, que prend vite l'employé ou l'ouvrier, le matin, avant de partir à son travail.

Les réchauds, avec ou sans mèche, sont fort nombreux, et vendus extrêmement bon marché ; les ménages les plus pauvres peuvent s'en servir.

Mais l'application au chauffage est beaucoup plus rare, et nous ne connaissons guère d'appareils intéressants.

A l'Exposition de 1900, la Société Générale d'Éclairage, Chauffage et Force Motrice par l'alcool, procédés Denayrouse, était à peu près la seule à montrer un système de chauffage par l'alcool.

Son poêle-calorifère, le *Sirius*, n'est pas autre chose qu'un récipient d'eau, tubulaire, au-dessous duquel est placée une lampe à alcool. L'eau est vite portée à l'ébullition, et la vapeur passe dans un compartiment formant surface de chauffe, ou radiateur, dans lequel elle se condense ; l'eau de condensation rentre dans le récipient, et ainsi de suite.

Un gros brûleur à alcool, brûlant 200 grammes d'alcool par heure, suffit, dit la Société, pour chauffer un local de 75 mètres cubes. Si on considère que la densité de l'alcool est de 0,8, et son prix 0 fr. 80 le litre¹, on voit qu'un tel chauffage revient à 0 fr. 20 par heure, ce qui, toutes proportions gardées, montre que le chauffage par l'alcool coûte presque 2 fois plus que le chauffage par le gaz, que nous trouvons déjà fort onéreux.

M. Rouquaud a imaginé, avec son système d'éjecto-pulseur, un auto-radiateur fonctionnant avec un réchaud à pétrole ou à alcool (*fig. 700*), pour lequel il donne des chiffres de comparaison, que nous traduisons en dépenses comme ci-dessous.

Un même résultat, 2.000 calories, est donné par² :

1/3 de mètre cube de gaz	= 0 fr. 066
0 ^{kg} ,180 de pétrole	= 0 fr. 12
0 ^{kg} ,333 d'alcool	= 0 fr. 333

Ce qui dépasse encore la proportion que nous admettions ci-dessus.

1. Prix d'avant-guerre.
2. Prix d'avant-guerre.

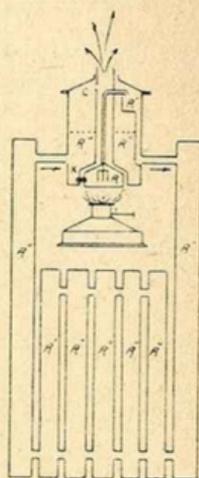


Fig. 700.



LE CHAUFFAGE DES HABITATIONS

Nous devons dire, du reste, que M. Rouquaud a basé son calcul sur les puissances calorifiques théoriques des combustibles, soit 6.000 calories pour l'alcool carburé, 11.000 pour le pétrole et 10.800 pour le gaz (par kilogramme), et qu'en tenant compte des rendements on pourrait arriver à des résultats sensiblement différents.

Quoi qu'il en soit, on remarque que le chauffage par l'alcool est loin de donner encore des résultats intéressants ; aussi ne voit-on guère son emploi se développer.

CHAPITRE XXX.

CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE

Nous avons vu, dans notre chapitre des *Notes Techniques* (p. 27), que, toutes les fois qu'une certaine quantité de force vive disparaît en travail mécanique, elle se reproduit en chaleur, et inversement. Nous avons montré comment Joule avait établi l'équivalence de la chaleur et du travail.

$$T = QE$$

et donné la formule :

$$E = 424,$$

c'est-à-dire :

$$1 \text{ calorie} = 424 \text{ kilogrammètres.}$$

Il y a longtemps déjà que les physiciens ont songé à transformer l'électricité en chaleur ; c'est une idée qui, dès l'origine, devait se présenter à l'esprit de tous ceux qui étudiaient les phénomènes produits par l'électricité, et ses caractéristiques.

L'électricité n'est elle-même qu'une transformation de l'énergie, et son étude, aujourd'hui poussée jusque dans ses limites les plus étendues, a amené en même temps l'étude de toutes les formes du travail.

On sait, depuis longtemps, que le mouvement peut être transformé en électricité : c'est la base même des machines dynamo-électriques, ou génératrices de courant ; on sait qu'inversement l'électricité peut être transformée en mouvement : c'est sur ce principe que sont basés les moteurs électriques, ou réceptrices.

On peut aussi produire de l'électricité en utilisant les réactions chimiques : c'est la théorie des piles électriques, la plus anciennement connue. Inversement, on peut utiliser l'énergie électrique pour produire des phénomènes chimiques : c'est la base de l'industrie, si importante aujourd'hui, de l'électrolyse et de la galvanoplastie.

La corrélation des phénomènes de la chaleur et de l'électricité n'a pas non plus échappé aux physiciens.

Un courant puissant, passant dans un fil métallique, l'échauffe, le porte au rouge, le fond même, et le volatilise, selon qu'il est plus ou moins long, ou que son diamètre est plus ou moins grand. Tous les métaux, même l'iridium et le platine, ont pu être fondus de cette manière.

Le charbon est le corps le plus réfractaire à la fusion par les courants électriques. M. Marcel Despretz a pu cependant, avec des baguettes de charbon très pur, et une batterie de 600 éléments Bunsen, ramollir ces baguettes à tel point qu'elles se sont soudées ; il a pu également transformer le diamant et le charbon en graphite, et même obtenir de petits fragments de charbon fondu.

Plus récemment, MM. Moisan et Violle ont pu développer, dans des fours électriques, sous l'influence de l'arc voltaïque, des températures supérieures à 3.500°, fondre quelques parcelles de charbon, et les transformer en pointes de diamant.

Le physicien Children, faisant passer un courant de même intensité dans des fils de divers métaux, de même diamètre, et de même longueur, constata que ceux dont la conductibilité électrique est la moindre s'échauffent davantage.

Joule reprit ces expériences, et imagina un calorimètre lui permettant de mesurer la quantité de chaleur dégagée dans un fil de résistance connue, par un courant dont l'intensité était mesurée. Il émit alors la loi suivante :

La quantité de chaleur dégagée est en raison directe du carré de l'intensité du courant, et en raison directe de la résistance du conducteur.

$$Q = ARI^2,$$

Q étant exprimé en calories ; A, un coefficient constant pour chaque corps ; R, la résistance, en ohms ; et I, l'intensité, en ampères.

Les phénomènes de transformation de l'électricité en chaleur ont surtout été appliqués jusqu'ici à l'éclairage, mais les effets lumineux ne sont qu'une conséquence des effets calorifiques.

Si un courant électrique passe dans un fil assez résistant, il l'échauffe jusqu'à le rougir, et ce fil, porté à l'incandescence, devient lumineux : c'est l'application de ce principe qui est faite dans les lampes à incandescence.

Si le courant électrique est interrompu entre deux pôles suffisamment rapprochés, une étincelle jaillit, emportant d'un pôle à l'autre des parcelles du corps incandescent : c'est la théorie de l'arc voltaïque.

Les applications les plus importantes de la transformation d'électricité en chaleur ont été faites jusqu'ici en métallurgie, et principalement dans

la soudure électrique des métaux. Peu employé en Europe, et presque inconnu en France, ce procédé a déjà pris en Amérique une certaine extension, soit par des dérivés du procédé Bénardos par l'arc voltaïque, soit par le procédé Élie Thomson par l'incandescence.

En France, à la suite des nombreuses expériences du four électrique par l'arc voltaïque, de M. Moissan, une vaste industrie s'est créée pour le traitement des carbures métalliques, et, sous l'impulsion de M. Bullier, ancien collaborateur de M. Moissan, l'exploitation de la *houille blanche*, c'est-à-dire l'utilisation des chutes d'eau dans les pays de montagnes, a donné naissance à de vastes usines, productrices, entre autres, du carbure de calcium et de ses dérivés.

Au point de vue des applications domestiques, c'est-à-dire du chauffage des habitations, les procédés employés s'appuient tous sur le principe de l'incandescence.

C'est en 1878 que Lane Fox prit, en Amérique, le premier brevet pour la production de la chaleur électrique : il plaçait un récipient chauffeur à l'intérieur d'une bobine, dont les spires s'échauffaient au passage d'un courant électrique.

L'Américain Carpenter prit, peu de temps après, un brevet analogue, et ses appareils furent exposés, en 1881, à l'Exposition du palais de Cristal, à Londres.

Le principe de l'utilisation de l'électricité à la production de la chaleur était établi, mais il était loin d'être pratique, car les appareils étaient très imparfaits, et surtout peu durables ; les bobines, chauffées au contact de l'air, étaient rapidement détruites.

Les nombreux appareils qui ont été imaginés depuis ne sont cependant qu'une application des procédés Lane Fox et Carpenter, et sont principalement basés sur l'isolement des serpentins, pour les mettre à l'abri de l'air, et empêcher leur destruction, au moyen de corps néanmoins bons conducteurs de la chaleur, et capables de la transmettre.

Dès 1895, les systèmes de chauffage électrique étaient assez intéressants, en Amérique, pour que MM. Edwin J. Houston et A.-E. Kennelly pussent publier, à New-York, le premier livre sur le *Chauffage Electrique (Electric Heating)*, édité par The W.-J. Johnston Co, 253, Broadway, New-York.

Mais, contrairement aux autres phénomènes électriques, si le principe de la transformation de l'électricité en chaleur a pu recevoir des applications qui ne sont limitées que par le prix élevé de l'électricité, le principe inverse, c'est-à-dire la transformation directe de la chaleur en électricité, est encore dans l'enfance.

Pourtant, dès 1821, Seebek montrait que le mouvement de propagation de la chaleur dans un circuit métallique donne naissance à des courants électriques.

Un appareil de démonstration consistait en une lame de cuivre, dont les extrémités recourbées étaient soudées à une lame de bismuth, qui les raccordait. En plaçant dans l'intérieur du circuit une aiguille aimantée, en disposant l'appareil dans le sens du méridien magnétique, et chauffant l'une des soudures, l'aiguille prenait une déviation, indiquant que la lame de cuivre était parcourue par un courant allant de la soudure chaude à la soudure froide.

M. Becquerel étudia les associations de métaux qui, soudés ensemble, donnaient naissance à des courants allant du premier au second, en passant par la soudure chaude ; il les rangea suivant un ordre qu'il appela *série thermo-électrique*.

Plus tard, en créant des couples de deux métaux, il chercha les couples de pouvoir thermo-électrique maxima, qui peuvent être rangés dans cet ordre, ceux de pouvoir le plus important en tête : fer-platine, fer-étain, fer-cuivre, cuivre-platine, argent-cuivre.

Pouillet appela *couple thermo-électrique* un assemblage de deux métaux, soudés l'un à l'autre, et dont les extrémités libres sont réunies par un conducteur. En réunissant plusieurs de ces couples en série, c'est-à-dire le premier métal de l'un au deuxième métal de l'autre, et ainsi de suite, comme dans une pile de Volta, il constitua une pile électrique, qu'il fit fonctionner en plaçant les soudures de rang impair dans de la glace, et en chauffant les soudures de rang pair. Il trouva que, dans un tel appareil, le courant reste constant tant que la différence de température entre deux couples reste constante, que l'intensité augmente avec la différence de température, et avec le nombre des couples, et que, entre zéro et une température qui varie avec chaque métal (45° pour le cuivre-bismuth, 300° pour le fer-cuivre), l'intensité est proportionnelle à cette température.

Nobili, puis Melloni, perfectionnèrent la pile de Pouillet, et donnèrent à leurs appareils le nom de *thermo-multiplicateurs*.

Tous ces appareils sont encore rudimentaires, peu connus, et peu intéressants au point de vue industriel ; la force électromotrice est excessivement faible, et ne peut être utilisée que pour des expériences de laboratoires.

On peut donc dire qu'aujourd'hui, s'il est possible de transformer l'énergie électrique en chaleur, avec un rendement qui atteint jusqu'à 98 0/0 de l'énergie électrique dépensée, il est pratiquement impossible de transformer directement la chaleur en électricité.

Et, pour transformer un morceau de charbon en courant électrique, nous en sommes encore à lui faire produire de la vapeur dans une chaudière, à utiliser cette vapeur dans une machine à vapeur, à transformer la force motrice de cette machine en courant électrique, dans une dynamo.

Si on tient compte des rendements calorifiques et mécaniques dans toutes ces transformations, on comprend pourquoi l'électricité coûte si cher, et pourquoi le chauffage électrique ne peut être encore considéré que comme un chauffage de grand luxe, qui n'est pas à la portée des petites bourses.

Dans les villes, le prix de l'hectowatt-heure est de 0 fr. 10, pris sur les secteurs, avec quelquefois une réduction à 0 fr. 06 pour le chauffage.

A Paris, nous l'avons payé jusqu'ici 0 fr. 12 et même 0 fr. 14 ; le nouveau régime des secteurs électriques va l'abaisser à 0 fr. 07, mais avec encore tant de restrictions, tant de minima de consommation, de frais de compteurs, etc., que les petits consommateurs ne pourront pas encore l'adopter.

Les grandes installations privées d'éclairage abaissent le prix de revient à 0 fr. 035 l'hectowatt-heure, dans les villes soumises à l'oétroi.

L'industriel de province, qui possède une force motrice pour d'autres usages, et qui n'a l'électricité que comme accessoire, peut admettre un prix de revient de l'hectowatt-heure à 0 fr. 015.

Les industriels qui disposent d'une force motrice hydraulique n'ont à prévoir que l'amortissement de leur capital achat, l'entretien, le graissage, le personnel, et peuvent compter un prix de beaucoup inférieur, et qu'il est impossible de chiffrer.

C'est dans ces limites que nous allons passer en revue les quelques appareils vraiment pratiques de chauffage électrique que nous trouvons en France¹.

APPLICATIONS DES RÉSISTANCES ÉLECTRIQUES AU CHAUFFAGE

Nous savons donc que, lorsqu'un courant électrique traverse un fil, il rencontre une résistance plus ou moins grande, suivant la longueur et le diamètre de ce fil, et que l'effet de cette résistance est de transformer une partie de l'intensité électrique en chaleur.

La formule générale, déduite de la loi de Joule, qui exprime la valeur de cette énergie transformée en chaleur, est :

$$Q = \frac{RI^2}{9,81 \times 424},$$

dans laquelle :

Q = la quantité de calories ;

1. Tous les prix ci-dessus correspondent à la valeur du combustible d'avant-guerre. Ils sont considérablement augmentés aujourd'hui.

R , la résistance du conducteur, exprimée en ohms ;

I , l'intensité du courant, en ampères ;

$\frac{1}{9,81}$, la valeur, en watts, de la force électromotrice ;

424, l'équivalent mécanique de la chaleur.

On peut donc constituer un radiateur électrique au moyen d'un conducteur nu, que l'on fait traverser par un courant d'intensité supérieure à celle que ce conducteur est capable de supporter.

Mais, comme l'air qui entoure le fil est mauvais conducteur de la chaleur, celle-ci ne peut se dégager assez vite, et quelquefois le conducteur rougit.

Généralement, pour condenser une certaine longueur de fil sous la plus petit volume, on l'enroule en forme de spirale, ou de ressort à boudin. Cette disposition rend encore plus difficile le dégagement de chaleur, et le fil rougit plus vite.

Un appareil de chauffage ainsi constitué, et c'est le cas de la plupart de ceux construits par les électriciens, et en particulier de ceux employés dans les tramways électriques, n'aurait qu'une durée très courte. Le fil, porté à haute température et exposé à l'air, s'oxyde rapidement, et se détruit ; c'est pour cette raison qu'on emploie de préférence le maillechort, qui s'oxyde plus difficilement.

Pour empêcher les conducteurs de se détruire, il faut donc chercher à permettre à la chaleur de se dégager au fur et à mesure de sa production, et la solution consiste à mettre le fil en contact avec un corps bon conducteur de la chaleur, mais mauvais conducteur de l'électricité.

Le problème est assez difficile à résoudre, puisque, d'une manière générale, presque tous les corps bons conducteurs de la chaleur sont aussi bons conducteurs de l'électricité. On a essayé sans succès l'amiante, le mica, la silice, la terre réfractaire, la porcelaine.

M. L.-V. Colin, administrateur-gérant de la Société du Familistère de Guise, a fait à ce sujet une étude très approfondie, qu'il a communiquée, le 3 février 1897, à la Société internationale des Électriciens.

Il exprimait en ces termes les conditions à remplir :

« L'isolant doit être aussi mince que possible, de manière à être relativement bon conducteur de la chaleur ; les substances vitrifiées seules paraissent pouvoir remplir cette condition.

« Le problème se ramène à la fixation d'une résistance électrique sur une plaque métallique bonne conductrice de la chaleur, au moyen d'un verre qui soit suffisamment bon isolateur de l'électricité.

« La surface métallique très conductrice doit offrir beaucoup d'adhérence à l'isolant.

« L'isolant doit avoir une élasticité assez grande pour que les dilatations

et les contractions répétées ne puissent produire des ruptures ou des craquelures suffisantes pour mettre le fil à nu, ou en contact avec la surface métallique.

« Il ne doit pas être assez fusible pour fondre, quand le conducteur rougit par suite d'un courant accidentel.

« Il doit être assez bon isolant électrique pour être employé sous de forts voltages, tout en étant assez bon conducteur de la chaleur.

« Le fil doit y être parfaitement noyé, et approcher de très près la surface métallique, tout en conservant un isolement électrique suffisant.

« Aucune bulle d'air ne doit exister, parce qu'en se dilatant elle pourrait faire éclater l'isolant.

« La dilatation du fil doit être atténuée, et en rapport avec celle de l'isolant. »

Appareils de la Société du Familistère de Guise. — Cette Société et la Société Crampton, qui se sont garanti l'exploitation en commun de leurs brevets, construisent des appareils qui répondent à ce programme.

La transmission de la chaleur par conductibilité au travers d'une paroi métallique est proportionnelle à la différence de température entre ses deux faces, inversement proportionnelle à l'épaisseur de la paroi, et fonction d'un coefficient de conduction, variable suivant les corps.

Le fer, ou plutôt la fonte, facile à mouler, a été choisie, bien que son coefficient de conduction ne soit que de 28, bien au-dessous de celui du cuivre, par exemple, qui est de 69. Mais le coefficient de dilatation de la fonte, qui est de 0,000010, est celui qui se rapproche le plus du coefficient de l'isolant choisi, analogue au verre, et qui est de 0,000009.

Le côté extérieur de la plaque est muni d'ailettes très minces, pour augmenter la surface de radiation, et accélérer l'émission de la chaleur produite.

L'isolant est un verre spécial, dont le point de fusion est entre 800 et 900°, ce qui donne toute sécurité, et sa résistance électrique, qui, comme celle de tous les corps, diminue avec la température, est encore très suffisante pour assurer un parfait isolement sous les voltages ordinaires. Il reste assez élastique, à la condition de ne pas être trop élevé en température ; 450 à 500° n'auraient pour lui aucun inconvénient.

Le fil, qui est enroulé en spirale, pour atténuer sa dilatation linéaire, est de maillechort, ferro-nickel, platine ou fer, suivant les appareils. On est parvenu à employer des diamètres relativement gros, 7 et 8/10 de millimètre.

La pratique a conduit à ne pas dépasser 300 à 350° pour les appareils de chauffage, ce qui correspond à 250 à 300° pour la plaque. On va cependant jusqu'à 450° et 500° dans le fil, pour les appareils de cuisine.



Il est facile de calculer la surface nécessaire pour transformer en chaleur 1 hectowatt, la température de la plaque étant, par exemple, de 250° , et donnant 200° à la surface :

$$1 \text{ HW heure} = \frac{100 \times 3.600}{9,81 \times 424} = 86,55 \text{ calories.}$$

D'après Dulong, la formule de transmission par une plaque métallique non polie, en contact avec l'air, est de :

$$R = ma^{\alpha} (a' - 1) + n t^{1.233};$$

le premier terme exprime la radiation, et le deuxième la convection :

R = quantité de calories par heure ;

$m = 124,72k$ d'après Péclet ;

$k = 3,36$ pour la fonte ;

a = coefficient constant, 1,0077 ;

t = excès de la température du corps sur celle de l'enceinte ;

α = température de l'enceinte ;

$n = 0,552 \left(1,764 + \frac{0,636}{\sqrt{h}} \right)$, d'après Péclet ;

$h = 1$, pour une plaque de 1 mètre.

En admettant $\alpha = 15^{\circ}$ dans la salle, et $t = 250^{\circ}$ dans la plaque, et en portant ces valeurs dans la formule de Dulong, on trouve :

$$R = 3.491,80 \text{ calories,}$$

1 mètre carré de plaque à 250° peut donc transmettre 3.491,80 calories par heure, dans une enceinte maintenue à 15° .

Comme on utilise les deux faces pour le chauffage, la face couverte de verre émettra une quantité de chaleur :

$$R' = ma^{\alpha} (a' - 1) + n t^{1.233},$$

qui ne diffère de la précédente que par le coefficient k , qui, pour le verre, égale 2,91, au lieu de 3,36 pour la fonte.

On déduit, en résolvant la formule :

$$R' = 3.172,95 \text{ calories.}$$

Les deux faces de la plaque émettront ensemble :

$$3.491,80 + 3.172,95 = 6.664,75 \text{ calories,}$$

ce qui est le rendement d'un mètre carré de plaque de la Société du Familistère de Guise.

Or, nous avons vu que 1 hectowatt = 86,55 calories.

La surface de plaque capable de transformer 1 hectowatt-heure en chaleur est donc de :

$$\frac{86,55}{6.664,75} = 0\text{m}^2,01297.$$

En tenant compte de l'augmentation de transmission par les ailettes dont une face de la plaque est munie, la Société du Familistère de Guise

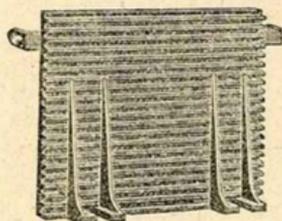


FIG. 701.

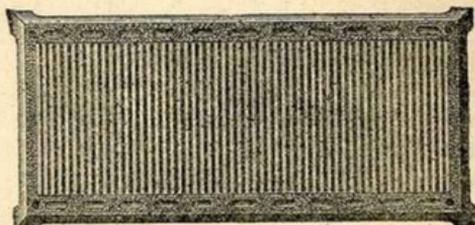


FIG. 702.

admet 1 décimètre carré de plaque par hectowatt, et même pour 1,15 à 1,20 hectowatt.

La figure 701 représente une plaque, ou radiateur, de cette Société, destinée à être placée verticalement, et dissimulée derrière une enveloppe ajourée.

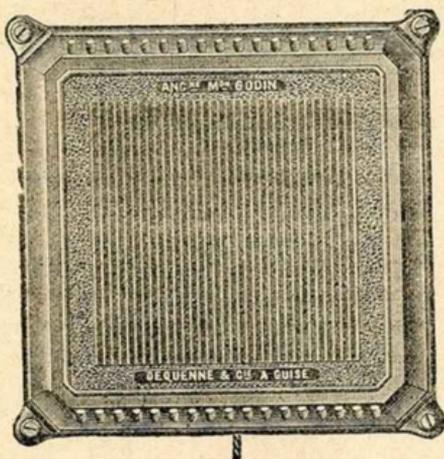


FIG. 703.

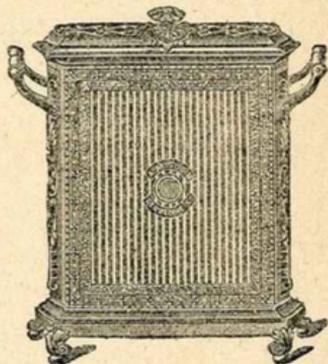


FIG. 704.

La figure 703 montre un appareil destiné à être placé dans un lambris, et à rester apparent.

Une circulation d'air se fait derrière la plaque, et permet l'utilisation de la face antérieure, vitrifiée.

La figure 703 représente un appareil applique du même genre.

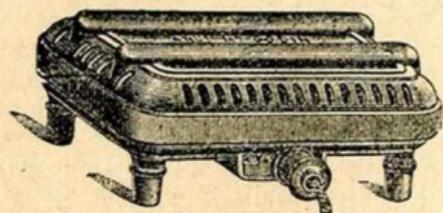


FIG. 705.

Enfin, la figure 704 montre un radiateur mobile, composé de deux plaques parallèles, qui peuvent fonctionner ensemble ou séparément, en montant l'appareil sur deux circuits, commandés chacun par un commutateur.

Il existe de fort nombreux modèles de radiateurs, poêles, etc.

Nous ne parlerons pas des chaufferettes (*fig. 705*), des appareils de cuisine, grils, réchauds, cuisinières, chauffe-plats, étuves, bouilleurs chauffe-fers, qui n'ont pas d'intérêt pour notre étude, et sont tous absolument pratiques.

Appareils Parvillée. — Le principe des résistances Parvillée, ou résistances métallo-céramiques, est basé sur la diminution de conducti-

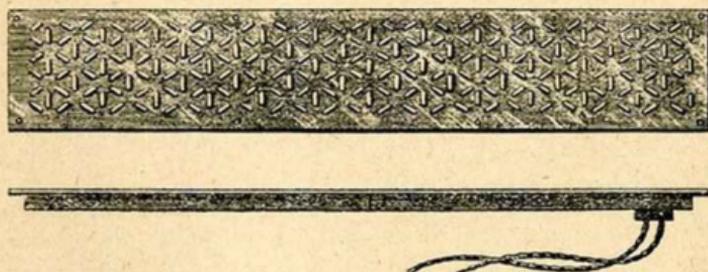


FIG. 706.

bilité des métaux, par le mélange intime de poussières métalliques avec des corps spéciaux céramiques, mauvais conducteurs de l'électricité. Ces résistances sont donc obtenues en mélangeant ensemble, d'une manière aussi parfaite que possible, des poussières de métaux et de céramiques excessivement fines, qui sont ensuite moulées, comprimées, et cuites à une très haute température.

Par suite de leur constitution, ces résistances peuvent, à l'air libre, être poussées à de très hautes températures, et subir sans détérioration une augmentation de tension très élevée ; elles acquièrent une résistance spécifique un million de fois plus grande que celle du métal employé.

Cette résistance variant avec le métal, on comprend qu'il est possible

d'obtenir, sous une forme quelconque, toutes les résistances désirables.

En général, les résistances Parvillée absorbent 16.500 watts par kilogramme de matière, ce qui correspond à 14.280 calories transmises.

Ce qui fait principalement leur succès, c'est que, la possibilité de dégager sous un aussi petit volume un aussi grand nombre de calories, permet de porter au rouge sombre ces résistances, ce qui donne un aspect agréable à l'œil, en raison des rayons calorifiques lumineux, comme ceux d'un feu de charbon (*fig. 706, 707, 708*).

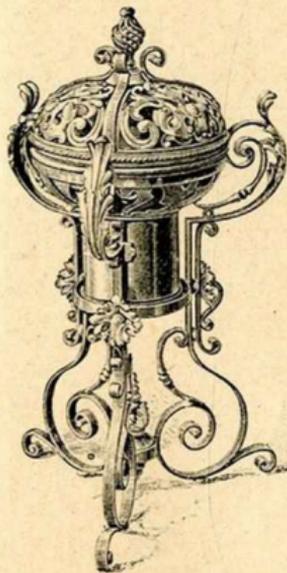


FIG. 707.

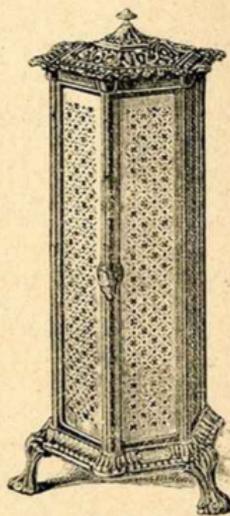


FIG. 708.

Les cuisinières, grils, fours à rôtir, etc., profitent de cet avantage, et l'élévation de température permet de faire la cuisine absolument comme sur un fourneau de cuisine ordinaire.

Les chaufferettes, chauffe-pieds, étuves, etc., sont poussés à moins hautes températures.

Il existe encore des fers à souder, des allume-cigares, des marques à bouchons, des appareils électro-thermiques, etc., etc., dans lesquels on utilise la chaleur lumineuse, en même temps que la chaleur obscure.

Appareils Le Roy. — M. P.-F. Le Roy a fait breveter des appareils qui, comme les précédents, peuvent être portés, suivant l'intensité du courant, au rouge sombre, et même au rouge vif.

Ce sont des barres d'une composition de silicium, disposées chacune dans une ampoule de verre, remplie d'un gaz neutre, et terminée à chaque extrémité par une prise de courant. L'ensemble est nommé *bûche électrique* (fig. 709).

Chaque bûche correspond à 125 à 150 watts, et a une longueur totale de 165 millimètres, un diamètre de 28 millimètres à l'ampoule, et 22 millimètres aux prises de courants. On voit que l'encombrement est assez réduit, puisqu'il correspond à 110 à 130 calories émises par heure.

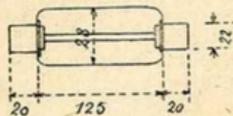


FIG. 709.

La durée d'une bûche varie de 500 à 1.000 heures, le prix en est minime, et le remplacement d'une bûche usée par une autre bûche se fait aussi facilement que celui d'une lampe à incandescence.

Pour le chauffage des appartements, M. Le Roy construit des écrans radiants (fig. 710), des cheminées rayonnantes (fig. 711), qui donnent absolument l'aspect d'une cheminée à gaz, avec la réflexion des bûches incandescentes par une plaque en cuivre poli.

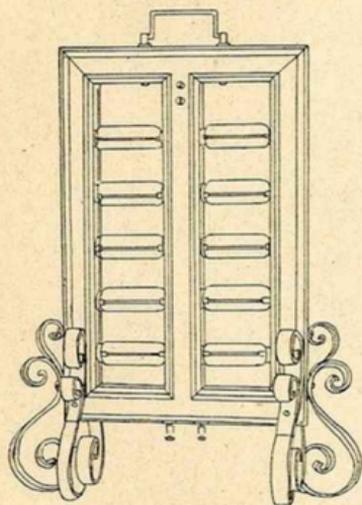


FIG. 710.

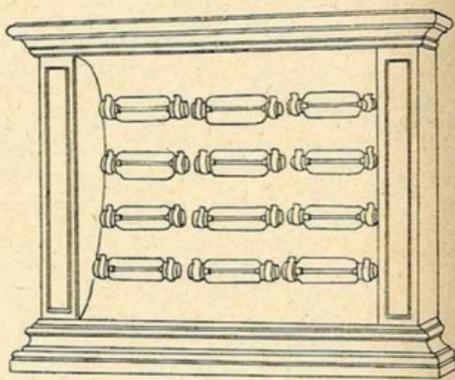


FIG. 711.

Il construit aussi des chauffe-fers, des bouilloires, des étuves chauffe-linge, etc., etc.

En résumé, nous voyons que le chauffage électrique est déjà poussé à un haut degré de perfectionnement, et que ses applications ne sont entravées que par la dépense de l'électricité. Ce n'est, pour le moment, qu'un chauffage de grand luxe, et, dans les hôtels particuliers qui pos-

sèdent quelques appareils, on ne peut guère s'en servir que comme appoint à un système de chauffage insuffisant, au moment des froids très rigoureux, ou pendant les périodes transitoires, commencement et fin de saison, avant ou après la période de grand chauffage.

Le chauffage d'une pièce de 50 mètres cubes, $4^m \times 4^m \times 3^m,10$ de haut, nécessitant, par exemple, 2.600 calories, correspondrait à une dépense de :

$$\frac{2.600}{88,55} = 3 \text{ hectowatts-heures } ^1$$

en chiffres ronds, soit, pour un secteur à 0 fr. 10 l'hectowatt :

$$3 \times 0,10 = 0 \text{ fr. } 30 \text{ par heure.}$$

Avec le régime nouveau des secteurs de Paris, à 0 fr. 07 l'hectowatt :

$$3 \times 0,07 = 0 \text{ fr. } 21 \text{ par heure.}$$

Avec une grande installation privée :

$$3 \times 0,035 = 0 \text{ fr. } 105 \text{ par heure.}$$

Enfin, chez un industriel produisant accessoirement son électricité sur la force motrice de son usine :

$$3 \times 0,015 = 0 \text{ fr. } 045 \text{ par heure.}$$

Le chauffage, pendant douze heures par jour, d'un appartement de cinq pièces coûterait donc, respectivement :

$$\begin{array}{r} 0,3 \quad \times 12 \times 5 = 18 \text{ francs par jour} \\ 0,21 \quad \times 12 \times 5 = 12 \text{ fr. } 60 \quad \text{—} \\ 0,105 \quad \times 12 \times 5 = 6 \text{ fr. } 30 \quad \text{—} \\ 0,045 \quad \times 12 \times 5 = 2 \text{ fr. } 70 \quad \text{—} \end{array}$$

prix qui ne sont malheureusement pas à la portée de toutes les bourses.

CHAPITRE XXXI

VENTILATION

Si on se bornait, dans une étude comme celle faisant l'objet du présent ouvrage, à la description pure et simple des appareils et des systèmes employés dans notre pays, le chapitre de la *Ventilation* pourrait tenir en quelques lignes : en France, on ne s'occupe pas de la ventilation, elle se fait naturellement, comme elle peut, et, en réalité, nos maisons ne sont pas ventilées.

Dans nos plus modernes constructions, maisons de rapport, hôtels particuliers, châteaux, hôtels à voyageurs, on peut admirer la disposition d'ensemble des pièces et des services, la commodité des systèmes de chauffage, de distribution d'eau chaude, les ascenseurs, les monte-charges, l'éclairage, l'électricité, le téléphone ; on peut louer sans réserve le goût qui préside à l'ornementation intérieure, et l'aspect artistique des façades ; mais on rechercherait en vain les prévisions de renouvellement d'air : l'architecte a tout prévu, sauf la ventilation.

Aussi, pendant l'hiver, quand la recherche d'une température confortable nous a fait soigneusement fermer les portes et les fenêtres, calfeutrer les joints des boiseries, pour éviter les courants d'air, baisser les tentures, pour supprimer la sensation de froid devant les baies vitrées, nous ne tardons pas à ressentir les désastreux effets du manque de ventilation.

Les odeurs de cuisine restent dans nos salles à manger ; elles se répandent parfois dans tout l'appartement, quand on ouvre les portes des cuisines ; les parfums persistent dans les salons après les réceptions ; l'odeur de tabac reste dans les fumoirs ; les buées ne s'évacuent pas des salles de bains, et laissent une odeur de lessive ; quant aux chambres à coucher, qui de nous n'éprouve le besoin impérieux d'ouvrir la fenêtre pour *changer l'air*, quand il se réveille le matin.

Dans les Cahiers des charges des entreprises de chauffage, pour les édifices publics, écoles, lycées, collèges, hôpitaux, hospices, aucun archi-

tecte n'oublie d'imposer un renouvellement d'air ; mais quel est celui qui fait son étude assez à temps pour permettre l'application du programme qu'il a fixé lui-même. A-t-il prévu des conduites pour l'évacuation de l'air vicié, lorsqu'il a construit ses murs ? Permettra-t-il de placer des grilles d'admission d'air frais, qui viendraient déranger l'harmonie de ses façades ? Et, s'il n'a pas tout sacrifié à l'architecture extérieure, s'il a prévu des conduites d'air frais et des carnaux d'évacuation d'air vicié, vérifiera-t-il, et comment, si la ventilation demandée est bien produite ?

Il suffit, pour répondre, d'aller assister à une classe, à une conférence, à une réunion, dans une salle d'école, ou de faire une visite à un malade, dans l'hôpital le plus moderne. La réponse viendra seule : en France, on ne s'occupe pas de la ventilation.

On pense que, lorsque l'air d'une salle deviendra irrespirable, on ouvrira les fenêtres pendant quelques minutes : et alors gare aux maux de tête, migraines, nausées, conséquences de l'air impur, et aux rhumes, bronchites, fluxions de poitrine, qu'amènera l'arrivée brusque de l'air glacial dans la salle surchauffée.

Si on veut bien se reporter à notre chapitre des *Notions préliminaires* (p. 8, 9, 10), on verra que la nécessité de rendre salubres les habitations par une ventilation abondante répond aux conditions physiologiques mêmes de notre existence. On verra dans quelle proportion les études des hygiénistes ont reconnu indispensable le renouvellement de l'air de nos habitations. Et on s'étonnera de la coupable indifférence avec laquelle on traite, en France, la question si importante de la ventilation.

Nous consacrerons une étude spéciale à la ventilation, qui nous entraînerait trop loin si nous voulions la développer ici. Nous nous bornerons, dans le cadre restreint de ce chapitre, à préciser comment ce problème pourrait et devrait être traité.

Pour bien comprendre comment on peut réaliser une ventilation digne de ce nom, il suffit de se rappeler les quelques règles qui déterminent l'écoulement des gaz.

Un volume d'air chauffé se dilate, sa densité diminue, et l'air tend à monter ; au contraire, l'air froid, plus lourd, tend à descendre. Ce mouvement est d'autant plus rapide que la différence de température est plus grande.

La vitesse de circulation joue un rôle important, car, selon qu'elle sera plus ou moins grande, elle donnera la sensation d'un courant d'air gênant, ou elle ne sera pas ressentie. Une vitesse de 0^m,50 à 0^m,60 par seconde n'est pas très sensible ; 1 mètre par seconde donne la sensation d'une légère brise ; 1^m,50 à 2 mètres devient presque gênant ; 5 mètres est la vitesse d'une forte brise, 10 mètres celle d'un vent violent.

Pour que la ventilation se produise normalement, sans qu'on s'en aper-

voive, il faut donc que la vitesse de l'air soit inférieure à $0^m,50$ par seconde.

Les avis sont partagés quant à la meilleure position des ouvertures d'entrée d'air frais et des évacuations d'air vicié.

En France, l'usage est de faire, en toutes saisons, les entrées d'air à la partie inférieure des pièces, et les évacuations à la partie supérieure pendant l'été, et à la partie inférieure pendant l'hiver.

On prétend que l'air chaud, plus léger, se confine pendant l'été à la partie haute des pièces, et que c'est là qu'il faut le prendre pour l'évacuer.

On l'évacue à la partie basse pendant l'hiver, pour ne pas perdre inutilement la chaleur par une sortie trop rapide, et pour obliger l'atmosphère de la salle à être chaude dans toutes ses parties, avant que l'évacuation ne puisse se faire.

Pour bien comprendre le principe qui doit guider l'étude de la ventilation, il faut se reporter à des considérations théoriques que nous ébaucherons seulement ici.

Théorie de la zone neutre. — Supposons un local construit avec des matériaux absolument imperméables,

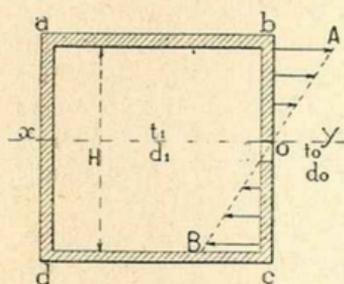


FIG. 712.

abcd (fig. 712), et dans lequel la température intérieure est t_1 , alors que la température extérieure, moins élevée, est t_0 . Ils s'établissent à l'intérieur de ce local une pression P_1 , supérieure à la pression atmosphérique, parce que l'air, plus chaud et par conséquent plus léger, tend à sortir.

Si on pratique une ouverture O , dans l'une des parois, il se produit une sortie d'air de l'intérieur vers l'extérieur, jusqu'à ce que, au point O , existe un équilibre entre la pression intérieure et la pression extérieure.

Au dessous du point O la pression reste inférieure à la pression atmosphérique, au-dessus de ce point elle reste supérieure; le plan xy passant par O , est appelé *zone neutre*.

Si on appelle d_1 la densité de l'air intérieur, d_0 la densité de l'air extérieur, H la hauteur du local, la différence entre les pressions à hauteur du sol et à hauteur du plafond sera donnée par la formule

$$(d_0 - d_1) H.$$

La ligne AB indique le régime des pressions.

Si les températures extérieure et intérieure sont les mêmes, la ligne AB se confond avec la verticale bc .

Si nous avons établi 2 ouvertures, O_1 et O_2 (fig. 713), il y aurait eu d'abord une entrée d'air par l'ouverture inférieure O_2 et une sortie par l'ouverture supérieure O_1 , la ligne CD représenterait la moyenne des différences de pressions, et la zone neutre serait disposée sur le plan xy .

En réalité, notre conception hypothétique de la chambre construite en matériaux imperméables n'existe jamais. Tous les matériaux de construction sont plus ou moins perméables, mais il nous est impossible de faire le calcul des

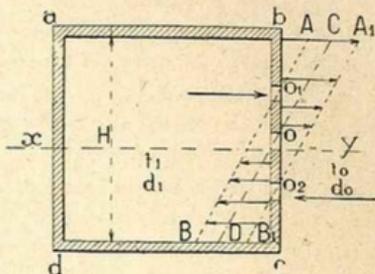


FIG. 713.

entrées et sorties d'air, parce que les coefficients de perméabilité sont mal connus, et que la construction, en matériaux essentiellement peu homogènes, varie d'un immeuble à l'autre.

Nous savons donc que, dans tout local, existe une zone neutre naturelle, qui varie avec la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur, mais nous ne pouvons pas établir par le calcul sa position exacte.

La figure 712 nous montre bien que plus la température intérieure s'élève, plus la zone neutre s'abaisse vers le plancher, et nous comprenons ainsi pourquoi, dans nos locaux à parois perméables, nous ressentons physiquement l'impression d'avoir chaud à la tête et froid aux pieds, parce que les entrées d'air froid se produisent toujours à la partie basse de nos appartements.

La zone neutre s'établit toujours à proximité des parties plus perméables des parois, et tout agrandissement d'ouverture, toute augmentation quelconque de perméabilité, provoque un déplacement de la zone neutre vers l'ouverture agrandie. La ligne des pressions, toutes conditions égales, se déplace toujours parallèlement à elle-même¹.

D'autre part, une fois établi le régime des ouvertures, la ligne des pressions pivotera toujours autour du même point neutre, et sa position et son inclinaison ne seront influencées que par l'écart entre les températures t_1 et t_0 .

Ceci nous confirme ce que la pratique nous a toujours enseigné que, étant donné que la température intérieure a une limite que nous ne pouvons pas dépasser, il est à peu près impossible de réaliser une bonne ventilation autrement qu'en insufflant de l'air avec un ventilateur mécanique, seul capable de produire une surpression réelle.

1. Conférence faite le 19 janvier 1912 à la Société des Ingénieurs de Chauffage et ventilation de France, par M. Biro, Ingénieur de la C^{ie} Sturtevant.

Dans les pièces d'habitation ordinaire, la zone neutre s'établit naturellement un peu au-dessus de la mi-hauteur : avec des plafonds vitrés ou peu étanches, elle tend à monter et à se rapprocher du plafond. Il en résulte naturellement que la moindre ouverture de porte provoque le violent courant d'entrée d'air que nous ressentons, par exemple, dans les salles de spectacles.

Le problème consiste donc à abaisser la zone neutre aussi près que possible du plancher, en augmentant la pression intérieure.

Donc, en hiver, il faut introduire l'air frais aussi bas que possible, et évacuer l'air vicié aussi haut que possible.

Inversement, en été, il faut placer les évacuations d'air vicié à la partie inférieure des salles, parce qu'il y a surpression à la partie haute.

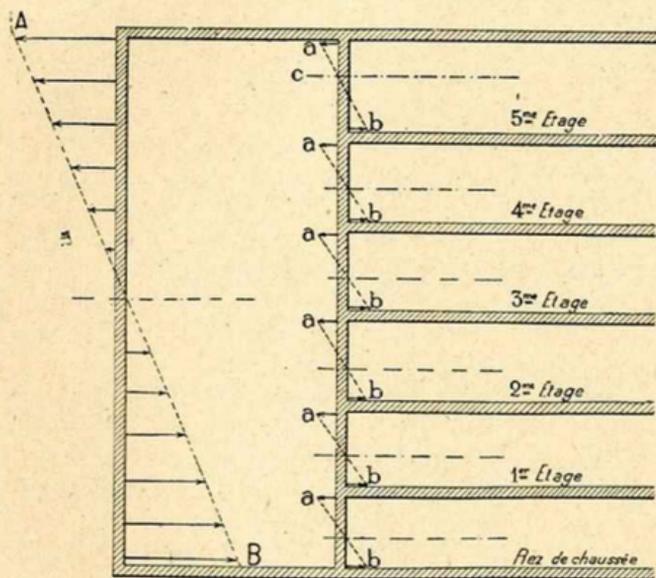


FIG. 714.

Dans les locaux ayant une grande hauteur, comme les escaliers de nos maisons de rapport (fig. 714), les différences de pression peuvent être très considérables, surtout si l'escalier est trop chauffé.

Toutes les portes des appartements étant fermées et supposées étanches, il s'établit un régime de pressions et dépressions avec zones neutres comme l'indique la figure 714. Si on ouvre une porte dans les étages placés au-dessus de la zone neutre de l'escalier, c'est l'air de l'escalier qui tend à entrer dans les appartements ; inversement, pour les étages au-dessus de

la zone neutre de l'escalier, c'est l'air des appartements qui s'évacue dans l'escalier.

Et ceci nous fait encore mieux comprendre pourquoi les cheminées des étages inférieurs tirent beaucoup mieux que celles des étages supérieurs, la surpression créée par l'escalier favorise le tirage à la partie basse des immeubles ; la dépression de l'escalier aspire au contraire sur les cheminées des étages supérieurs, et les fait fumer.

La vraie solution de la ventilation est donc une insufflation mécanique d'air à la partie supérieure d'une salle, avec cheminée d'évacuation à la partie inférieure. Plus la pression est grande, plus la zone neutre se place près du plancher. S'il existe un registre de réglage sur la cheminée d'évacuation (fig. 715), plus on ferme ce registre, et plus la zone neutre

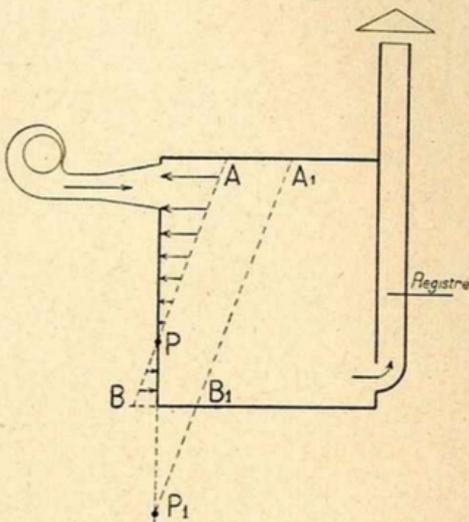


FIG. 715.

s'abaisse. On peut la déplacer d'un point P, placé au-dessus du plancher jusqu'à un point P₁ situé au-dessous, rien qu'en manœuvrant le registre dans le sens de la fermeture.

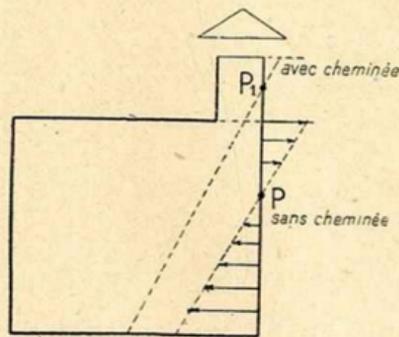


FIG. 716.

Le problème inverse peut, du reste, se poser, et on peut avoir intérêt à élever la zone neutre au-dessus du plafond, pour mettre le local en dépression. Par exemple, s'il s'agit de cuisines, offices, water-closets, etc., il est nécessaire d'adopter une disposition qui,

lorsqu'on ouvre une porte, une fenêtre, fait affluer l'air extérieur vers l'intérieur, de manière à éviter que les odeurs, buées, etc., ne se répandent dans les autres pièces de l'appartement. On obtient ce résultat

(fig. 716), en évacuant l'air chaud à la partie supérieure de la pièce, au moyen d'une cheminée d'une certaine hauteur.

M. Warren R. Briggs, de Bridgeport, Connecticut (États-Unis), a fait une grande quantité d'expériences, qui sont rappelées dans un grand

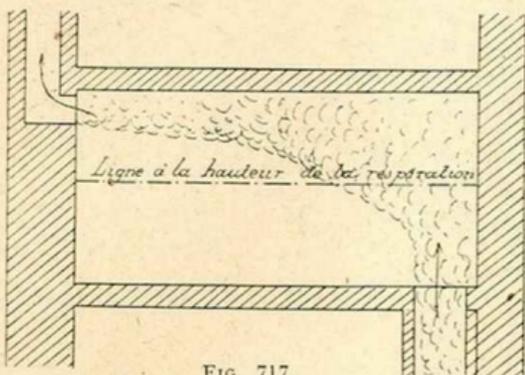


FIG. 717.

nombre d'ouvrages étrangers, et notamment dans l'ouvrage *Heating and Ventilating Buildings*, par M. R. C. Carpenter, professeur à l'Université de Cornell, publié à New-York, et dans le livre *Hood on Warming Buildings*, par M. Frédéric Dye, publié à Londres.

Nous les résumons dans les croquis ci-après:

La ligne ponctuée indique dans chacun d'eux la hauteur à laquelle est placée la bouche d'une personne, c'est-à-dire la hauteur à laquelle celle-ci respire.

On voit, dans la figure 717, que l'air pur et chaud, entrant à la partie basse, s'élève immédiatement, se confine à la partie haute, et s'évacue, sans que la personne placée dans la pièce puisse être placée sur son parcours. C'est la méthode française la plus fréquente, c'est aussi une des plus mauvaises. La zone neutre est vers le milieu de la hauteur de la pièce.

Dans la seconde méthode française, l'air chaud arrivé à la partie

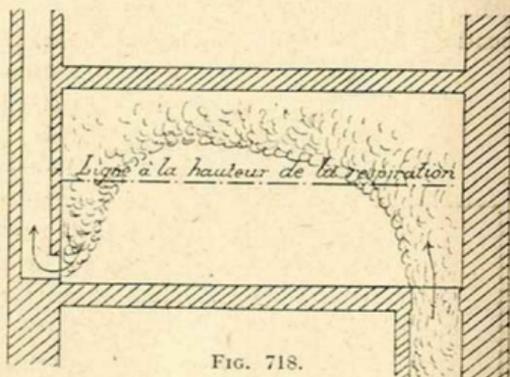


FIG. 718.

basse, s'élève, se confine sous le plafond, et l'évacuation se fait à la partie basse, du côté opposé (fig. 718). On voit que, bien que meilleure, cette solution est encore très imparfaite, puisque la plus grande partie de la salle est en dehors de la zone parcourue par l'air pur, dans son mouvement depuis l'entrée jusqu'à la sortie.

A l'étranger, en Allemagne principalement, on fait l'entrée d'air chaud

VENTILATION

à une certaine hauteur (fig. 719). Si l'évacuation se fait auprès du plafond, du côté opposé, la solution est encore plus mauvaise : on voit que toute la hauteur habitée de la salle reste au-dessous du mouvement d'air pur, qui se produit à la partie supérieure.

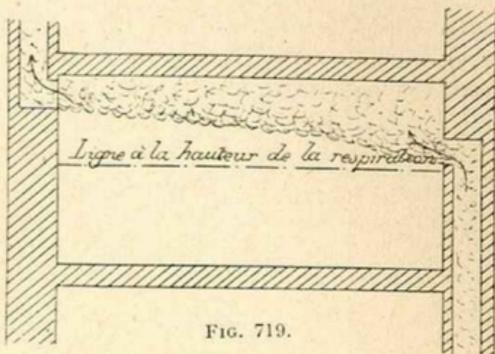


FIG. 719.

Si l'évacuation se fait à la partie basse, la solution est déjà meilleure, et une plus grande partie

de la salle se trouve traversée par l'air pur, dans son parcours de l'entrée vers la sortie (fig. 720).

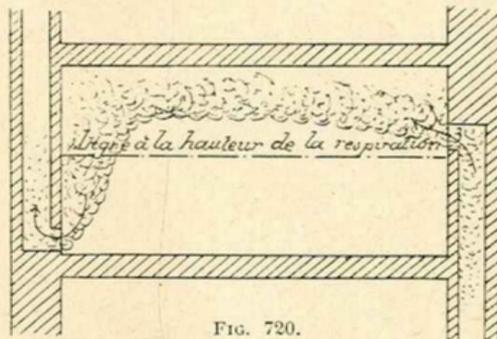


FIG. 720.

Mais la solution qui paraît rallier les préférences, en Amérique, est celle représentée par la figure 721. L'air chaud arrive aux $\frac{2}{3}$ de la hauteur, et est évacué au niveau du sol, et du même côté. Il se forme sous plafond une zone chaude, et des zones successives, composées de

couches de plus en plus denses à mesure qu'elles se refroidissent, les moins chaudes étant au niveau du sol, à la hauteur de l'évacuation.

Il convient de faire à cette disposition diverses réserves. Il est indiscutable qu'elle fonctionne très bien lorsque l'air chaud est introduit par pulsion, par exemple, dans les installations de chauffage et ventilation

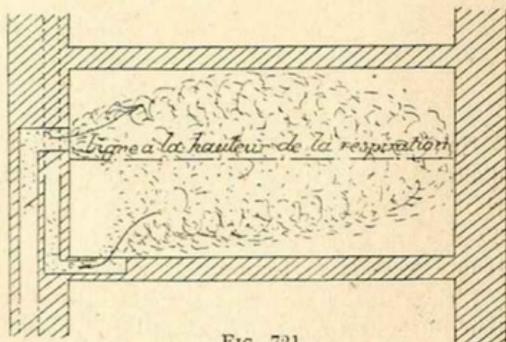


FIG. 721.

par aéro-calorifère (Plenum System en Angleterre, ou Hot Blast System en Amérique).

La pulsion d'air a pour résultat de créer dans la salle une légère surpression, qui favorise évidemment le mouvement de l'air, par zones successives descendantes, comme l'indique la figure 721.

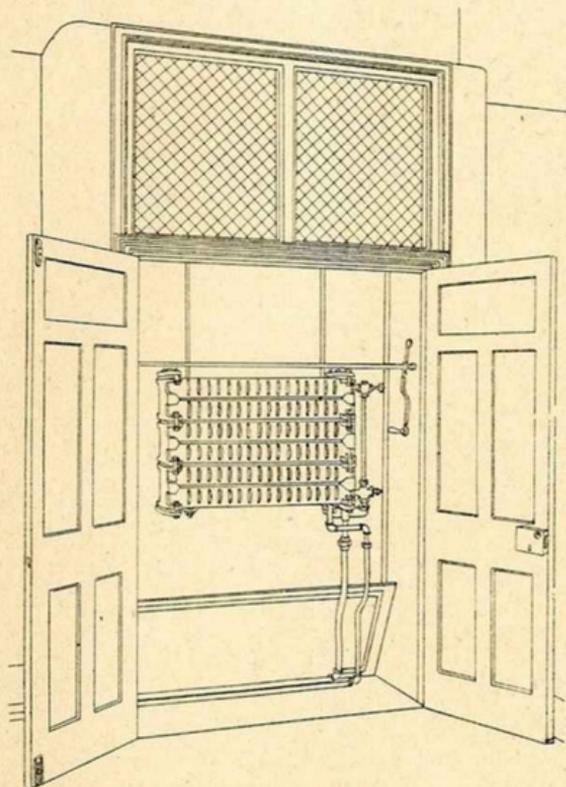


FIG. 722.

Nous avons vu à Northampton, en Angleterre, une installation d'asile d'aliénés (Asylum) par le Plenum System, exécutée par MM. Ashwell et Nesbit, dans laquelle la ventilation de grands dortoirs, contenant 25 à 30 lits de vieillards gâteux, semble être un modèle du genre, et tendre vers la perfection.

L'air est insufflé avec une légère surpression, au moyen d'un ventilateur du type Déplaceur d'air. Il arrive au travers de filtres à air en grosse toile, semblable à la toile d'emballage, à la partie basse d'une armoire

de grande section, s'élève, s'échauffe au contact de surfaces de chauffe à vapeur placées librement dans cette armoire, et sort à la partie haute de l'armoire, aux $2/3$ de la hauteur de la pièce, par une très grande baie grillagée.

Il y a, en général, deux arrivées d'air chaud placées sur les deux parois opposées de la salle, et l'air vicié s'échappe à la partie basse, du même côté que les surfaces de chauffe (fig. 722).

L'armoire est en bois, peinte au ripolin extérieurement et intérieurement : les surfaces, à ailettes très courtes et très écartées, sont placées au milieu, visitables, et faciles à nettoyer sur toutes leurs faces au moyen d'un chiffon mouillé ; les panneaux des filtres à air sont simplement posés sur des châssis, chacun étant maintenu par un taquet, et facile à déposer et à emporter à l'extérieur, pour être brossé et lavé.

L'arrivée d'air, réglable par un grand registre démontable, est assez grande pour qu'on y pénètre.

Le conduit intérieur est peint au ripolin, et lavable avec une éponge, si on peut y descendre, ou avec un jet de lance, si sa section n'en permet pas l'accès, ce qui est exceptionnel.

Mais, quand le chauffage se fait avec une arrivée libre d'air, sans ventilateur, le problème ne semble pas pouvoir être résolu de la même manière, et il est permis de douter que la théorie américaine ou anglaise soit applicable.

On peut cependant dire, sans exagération, que la position des bouches d'arrivée d'air chaud ou d'air froid, telle que nous la comprenons en France, est certainement la plus mauvaise qu'on puisse imaginer, et qu'on ne saurait trop la critiquer et lutter pour la faire abandonner.

Quand la bouche est placée dans le parquet, c'est un réceptacle à poussières et à microbes ; les domestiques repoussent soigneusement toutes les balayures dans la bouche, et nous en avons vu qui se donnaient la peine d'enlever la grille et le mouvement d'une bouche, pour y balayer les poussières.

On nettoie rarement les conduits ; les gens soigneux en demandent la visite une fois par an au plus à leur fumiste, qui ne peut guère nettoyer que la partie voisine de la sortie, la faible section du conduit, son passage sous parquet quelquefois, ne permettant pas de faire mieux.

Nos bouches en plinthes ne valent guère mieux, bien que la grille ou le grillage soit généralement fixe, et à mailles trop serrées pour recevoir les grosses balayures, et que, seules, les poussières fines puissent y pénétrer.

On recouvre quelquefois la bouche d'un filtre à air, mais il est inefficace, si le tissu qui le compose est à mailles trop larges, il ne laisse plus passer l'air, s'il est à mailles trop serrées.

En réalité, et bien que divers modèles de filtres destinés à être placés sur les bouches de chaleur soient maintenant proposés en France, il n'en existe aucun vraiment efficace, et les quelques prospectus que nous connaissons précisent que ces appareils ne peuvent laisser passer l'air que si on les complète par un petit ventilateur d'appartement, commandé par un courant électrique.

Outre que l'électricité n'existe pas partout, l'emploi de ventilateurs électriques, à lui seul, représenterait une dépense de courant au moins 10 fois supérieure à la dépense du chauffage.

La vraie position des filtres à air n'est pas à la sortie de l'air chaud, sur les bouches de chaleur.

Si on a un calorifère à air chaud bien construit et bien hermétique, ou un chauffage par la vapeur ou par l'eau chaude, il suffit, au lieu de raccorder directement l'orifice de prise d'air extérieur au conduit allant au calorifère, de réserver entre les deux une grande chambre de repos, dans laquelle on dispose des toiles sur de grands châssis, comme nous l'avons dit au chapitre des *Calorifères* à air chaud, de manière à diminuer les résistances à la circulation en augmentant la section de passage. C'est, à notre avis, le meilleur moyen pratique de supprimer la poussière.

La position des bouches de chaleur, n'étant bonne ni dans les parquets ni dans les plinthes, pourrait être admise à 1^m,50 ou 2 mètres au-dessus des planchers, à la condition d'avoir des bouches d'évacuation d'air vicié à la partie basse, et du même côté.

On ne pourrait accepter la méthode américaine et anglaise, et placer la bouche d'émission d'air chaud sous plafond, que dans les systèmes par insufflation d'air sous pression au moyen d'un ventilateur (*Aéro-Calorifère, Plenum System, Hot Blast system*).

Lorsqu'on chauffe par radiation directe, 99 fois sur 100, on néglige totalement la ventilation. On se contente de placer un radiateur à eau chaude ou à vapeur le long d'un mur, ou dans l'ébrasement d'une fenêtre. On perd ainsi tout le bénéfice du chauffage hygiénique annoncé, puisqu'on réchauffe toujours le même air, sans jamais le renouveler.

Un radiateur devrait toujours être accompagné d'une ventouse amenant à son contact l'air extérieur, qui ne pourrait ainsi entrer dans la pièce qu'à une douce température.

La figure 723 montre comment on peut réaliser ce problème. On place, sous la radiateur, un petit coffre, dont la partie avant et la partie arrière sont mobiles, et peuvent s'abaisser ou se lever verticalement, et on les conjugue par deux petits leviers, pour que, lorsque l'une d'elles s'abaisse, l'autre se lève, et réciproquement.

Quand la face arrière est baissée, elle démasque l'ouverture de prise

d'air ; l'air extérieur, trouvant la face avant levée, est obligé de s'élever verticalement, en s'échauffant au contact des sections du radiateur.

Au contraire, quand la face arrière est levée, elle obstrue l'arrivée d'air extérieur, et l'ouverture de la face avant constitue une entrée d'air intérieur, qui accélère le chauffage, en créant une circulation très active autour du radiateur.

Ce genre de coffrage devrait, pour répondre aux règles d'hygiène,

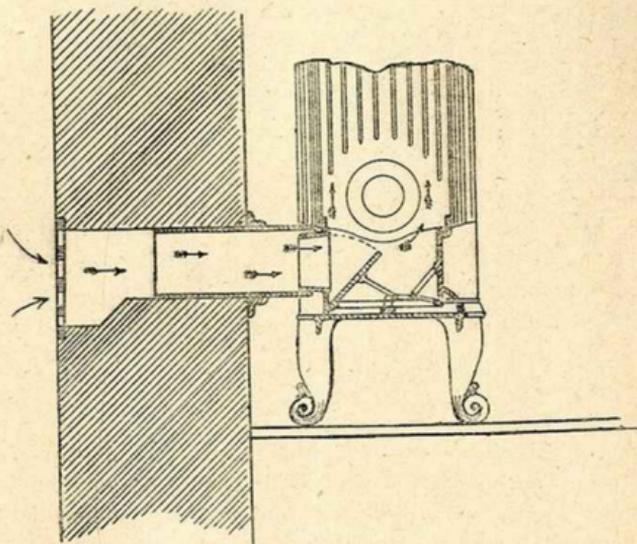


FIG. 723.

être démontable facilement, de manière à être fréquemment nettoyé. La figure 363 montre la disposition de M. Bourdon, qui répond absolument à ce programme. Enveloppe partielle du radiateur, enfermant juste la surface de chauffe nécessaire pour échauffer l'air extérieur qui arrive par une grille de ventouse placée à la partie basse, cette enveloppe est, du reste, démontable pour permettre les nettoyages.

Il est préférable, quand le crédit dont on dispose le permet, d'employer un radiateur pivotant autour d'un axe, pour pouvoir nettoyer aisément la prise d'air placée derrière. La figure 724 montre un de ces radiateurs, employé en Angleterre avec le chauffage à vapeur à un seul tuyau.

En France, MM. Leroy et C^{ie} ont un système de radiateur mobile autour d'un axe, et qui permet le même résultat avec une distribution de vapeur à deux tuyaux.

En plaçant entre les sections du radiateur une plaque verticale d'obstruction, on favorise le mouvement d'air ascendant, comme nous l'avons dit précédemment.

Dans ces dispositions, l'entrée d'air est forcément à la partie basse de la pièce chauffée et ventilée, et ne semble pas répondre à la prescription d'entrée d'air chaud à une certaine hauteur, correspondant à la théorie

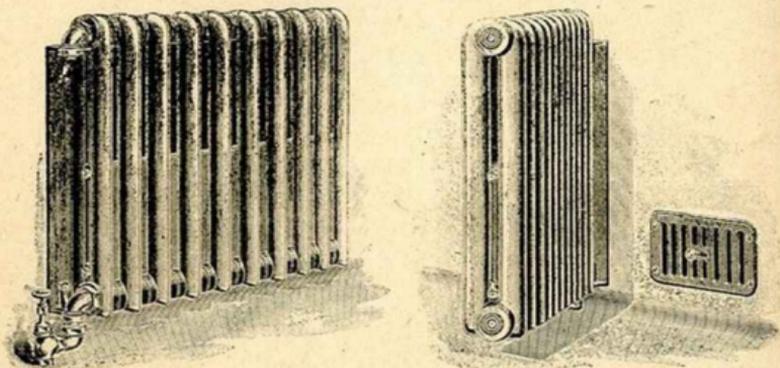


FIG. 74.

américaine. Il ne faut pas oublier, toutefois, que le cas n'est pas le même, car, outre le mouvement ascendant d'air chaud, on doit tenir compte de la chaleur émise par radiation, et qui se transmet horizontalement devant l'appareil, en chauffant la partie du volume de la salle qui n'est pas placée dans la zone de circulation.

ÉVACUATIONS D'AIR VICIÉ

Nous avons expliqué qu'en France on construit rarement des conduits d'évacuation d'air vicié. Nous devons dire, toutefois, qu'on compte sur l'évacuation naturelle par les cheminées d'appartements. Cette évacuation est bien réelle, lorsque les tabliers ou rideaux sont levés, et surtout lorsqu'il y a un peu de feu dans la cheminée ; mais elle ne se produit pas sans être gênante pour les personnes placées devant la cheminée.

Dans les pièces dépourvues de cheminées, il est absolument indispen-

sable de prévoir un ou plusieurs conduits d'évacuation d'air vicié, et d'y créer un appel artificiel, pour permettre l'ascension de l'air. L'air, qui part à la température de la pièce, aurait bien, en effet, tendance à s'élever naturellement tant qu'il est à une température supérieure à la température extérieure.

Mais, à moins que le conduit ne soit placé dans un mur de refend, cet air se refroidit en s'élevant, et devient de plus en plus lourd ; peu à peu le mouvement d'ascension est arrêté par une colonne froide, qui forme un véritable bouchon, et s'oppose à l'évacuation.

Il est indispensable, si on veut vraiment assurer un renouvellement d'air, de réchauffer la colonne ascensionnelle.

Quand on a une cheminée dans le voisinage, on fait passer la fumée dans un conduit en tôle, au milieu d'un coffrage en maçonnerie, et on raccorde à ce conduit plusieurs bouches d'aspiration d'air vicié. Cet air s'échauffe à mesure qu'il s'élève, et on obtient ainsi une ventilation excessivement énergique.

Il ne faut pas oublier, toutefois, que les règlements de police défendent cette disposition à Paris, à moins que les tuyaux de fumée ne soient placés dans une gaine assez grande pour qu'un homme puisse y passer pour les visiter, ou tout au moins qu'une porte de visite accessible soit réservée à chaque étage.

Quand on n'est pas dans le voisinage d'une cheminée de ce genre, on peut obtenir un tirage suffisant en plaçant dans la conduite un bec de gaz allumé. La combustion du gaz fait un appel d'air par la bouche d'évacuation, et la colonne ascensionnelle chaude s'établit facilement.

Enfin, dans les grands édifices, on constitue dans les greniers des *batteries d'appel*.

Ce sont des groupes de surfaces chauffantes à vapeur ou à eau chaude, placées dans des enveloppes en maçonnerie, et surmontées d'une grosse cheminée d'évacuation. Un certain nombre de colonnes verticales, arrivant dans le voisinage, sont raccordées, par des conduites horizontales, ou mieux, par des conduites légèrement inclinées, avec la partie inférieure de cette batterie, qui fonctionne alors comme un véritable calorifère à air chaud, aspirant par les conduites d'air vicié, et laissant l'air s'évacuer au-dessus, par un tirage produit par la légère élévation de température que prend cet air au contact des surfaces chauffantes.

Dans un chauffage à eau chaude, le réservoir d'expansion lui-même peut servir à constituer une excellente batterie d'appel, si on l'enferme dans une chambre à laquelle sont raccordées les colonnes montantes d'air vicié, et si on place au dessus une cheminée de sortie d'une section suffisante.

Chaque conduit d'évacuation doit être muni, à son départ, d'une bouche



LE CHAUFFAGE DES HABITATIONS

réglable, analogue aux bouches de chaleur. Quand cette bouche est placée en élévation, on la manœuvre au moyen de deux chaînettes descendant jusqu'à portée de la main.

Nous n'insisterons pas davantage sur la ventilation, nous ne donnerons ni les règles ni les méthodes de calculs, nous ne parlerons pas des ventilateurs mécaniques, nous réservant de faire une étude spéciale de cette question si importante, qui sera le complément de notre étude de chauffage, et que nous intitulerons : *Ventilation des Habitations*.

FIN



TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

A		Pages.
Accessoires des chaudières à vapeur.	260	
— — —	337	
Acétylène (Combustion de l')	117	
Acide carbonique (Proportion nuisible dans l'atmosphère).....	10	
Aéro-Calorifère d'Anthonay	74	619
Aéro-Calorifère à vapeur.....	628	
Aéro-Calorifuge Grouvelle et Arquembourg	664	
Aéro-Condenseur Fouché.....	630	
Air chaud (Calorifères à)	70	171
Air chaud (Chauffage par pulsion d')	619	
Air (Densité de l').....	33	
Air vicié (Évacuation).....	700	
Air (Volume aux diverses températures).....	33	
Alcool (Chauffage par l')	23	672
Alésoids	607	
Alimentateurs automatiques.....	337	
Alimentateur automatique américain.....	338	
Alimentateur automatique Chappée	338	
— — — Quiès	339	
Allemand DR (Régulateur)	324	
Amiante (Calorifuge).....	664	
Anceau (Circulation d'eau chaude par pression de vapeur)	479	
Anceau (Système par gaines).....	373	
Ancelin (Bouillottes).....	45	
Antériorités (Recherche des) dans le chauffage par la vapeur à basse pression.....	266	
Anthracite (Combustion de l')	113	
Appareil Fondet.....	140	
— Haillot.....	140	
Appareils de chauffage électrique du Familistère de Guise	981	
Appareils de chauffage électrique Le Roy	685	
Appareils de chauffage électrique Parvillée	684	
Appareils dissimulés (Chauffage à vapeur)	369	
Appareils employés dans le chauffage par l'eau chaude.....	536	
Appareils employés dans le chauffage par la vapeur à basse pression	284	
Application des formules de transmission de la chaleur	85	
Application des résistances électriques au chauffage.....	679	
Arrêté du Préfet de la Seine du 1 ^{er} septembre 1897.....	19	121
Arrêté du Préfet de la Seine du 22 juin 1904	11	
Arnott (Poêle du D ^r)	152	
Arrière soubassement d'une cheminée	123	
Ashwell and Nesbit (Système).....	696	
Aspirateur Paul (Exhauster)	423	
Assemblages des surfaces de chauffe des calorifères.....	177	
Astre (Poêle système Galli).....	165	
Atkinson (Système)	430	
Atre d'une cheminée.....	123	129
Avantage du chauffage continu	99	
— — — à eau chaude	476	
— — — à vapeur à basse pression.....	473	
Avantages du chauffage à vapeur en cycle ouvert	224	
Avertisseurs	340	
Avertisseur électrique Bourdon	340	
B		
Babcock et Wilcox (Chaudières) ...	391	
Back Pressure Valve.....	418	
Baldwin (Théorie du chauffage par l'eau chaude)	434	

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

	Pages.		Pages.
Barker (Chauffage par l'eau chaude à circulation accélérée)	510	Calorifères (Les premiers)	22
Baromètre (Théorie du)	50	Calorifère romain de Pline	16
Barré et Juranville (Robinet)	352	— à air chaud	70
Batteries (Chauffage par)	245	Calorifères à air chaud (Détails des) :	
— d'appel d'air vicié	701	Chambre de chaleur	180
— de rappel	379	Chambre de mélange	180
Bechem et Post (Système)	267	Conduits de chaleur	181
Bécouve Gérard (Chaudière)		Joints	176
— (Radiateur de cheminée)	378	Pompes d'appel	179
Belfield (Détendeur)	397	Prise d'air	171
Belleville (Chaudière)	391	Ramonages	175
— (Détendeur)	399	Registres de tirage	178
Besson (Poêle)	160	Saturateurs	179
— (Calorifère)	212	Calorifères à air chaud :	
Binôme de dilatation des gaz	31	à cloche	193
Böeringer (Chaudière à eau chaude)	540	Besson	212
Bohain (Régulateur à eau chaude)	551	Bourdon	211
Bois (Combustion du)	107	Chaussenot	199
Boisseaux en terre euite	121	Cuau	200
Bolo de Sevray (Cheminée)	139	De Dietrich	199
Bouches de chaleur	189	des spécialistes	197
— de rappel	379	Drevet et Lebigre	210
Bouillottes Ancelin	45	en maçonnerie	213
Boulets (Combustion des)	115	Galli	207
Bourdon (Ch.) (Avertisseur électrique)	340	Geneste et Herscher	214
— (Calorifère isotherme)	211	Goudard	201
(Régulateur automatique)	320	Grouvelle et Arquembourg	197
— (Vaporigène)	309	Hinstin	167
Brasero	16	Marescot	202
Brasero des tuyaux	588	Michel Perret	202
Brides (Joints de)	536	Musgrave	213
Briquettes (Combustion des)	115	Piet Bellan	213
Broomell (Système, robinet, purgeur)	281	Robin Bang	208
Bruckner (Chauffage par l'eau chaude à circulation accélérée)	490	Calorifères (Poêles)	70
Budérus (Société des Mines, régulateur automatique)	330	Calorifuges	650
Bundy (Radiateurs)	363	Canalisations employées dans les chauffages par la vapeur et par l'eau chaude	568
		Canalisations (Résistances à la circulation de l'eau chaude dans les)	440
		Carpenter (Dimensions des tuyaux, chauffage américain à un seul tuyau)	232
		Carpenter (Dimensions des tuyaux, chauffage américain à deux tuyaux)	240
		Centaure (Le) (Machine à cintrer les tubes)	606
		Chaboche (Salamandre)	162
		Chaleur (Définition)	7
		Chaleur latente	25
		Chaleurs latentes de fusion (Tableau des)	44
		Chaleurs latentes de vaporisation (Tableau des)	47
		Chaleur lumineuse et chaleur obscure	62
		Chaleur spécifique	40

C

Cadé (Poêle)	153
Calcul des pertes de calories par les parois d'un local habité	85
Calcul du chauffage d'un local habité	86
Calorie	40
Calories-blocs	45
Calorimétrie	40
Calorique	25

	Pages.		Pages
Chaleur spécifique des gaz (Tableau des)	42	Chaudières à vapeur à basse pression :	
Chaleurs spécifiques des liquides (Tableau des)	41	disposition pour chauffage en cycle ouvert	251
Chaleurs spécifiques des solides (Tableau des)	41	en fonte	251 303
Chaleur transmise par l'eau chaude (Tableau des coefficients)	76	en tôle	251 284
Chaleur transmise par les poêles (Tableau des coefficients)	69	Arquembourg et Vaultier	291
Chaleur transmise par la vapeur (Tableau des coefficients)	80	Bourdon (Vaporigène)	309
Chaleur (Théorie de la)	25	Chaudières à vapeur à basse pression :	
Chambre de chaleur (Calorifères à air chaud)	180	Chappée	297, 300 305
Chambre de mélange (Calorifères à air chaud)	180	Compagni: nationale des radiateurs (Idéal, Cyclone, Astra)	304
Chappée et fils (Alimentateur automatique)	338	Drevet et Lebigre frères	293
Chappée et fils (Chaudières à vapeur à basse pression)	297 305	du commerce	297
Chappée et fils.		La Française	305
— (Radiateurs)	368	Garnier et Courtaud	286
— (Régulateurs)	312 326	la Gauloise	293
— (Séparateurs d'eau et de vapeur)	343	Gérard-Bécuwe	295
Charbon de bois (Combustion du) ..	108	Grouvelle et Arquembourg	285
Charbon de Paris (Combustion du) ..	115	Idéal	303
Charnières (Bouches à)	192	Leroy	287
Châssis à rideau d'une cheminée ..	126	Montupet	289
Chaudières à eau chaude	536	Nessi frères	288
— — Bœringer ..	540	Phœbus	301
— — Chappée ..	543	Piat (Robur)	307
(Alpha)	543	Préférable	300
Chaudières à eau chaude (Compagnie nationale des radiateurs) ..	515	Radia	284 296
Chaudières à eau chaude en fer à cheval	535	Robin-Bang	292
Chaudières à eau chaude Chappée ..	542	Robur	307
Chaudières à eau chaude Idéal premier	545	Soval	302
Chaudières à eau chaude l'Intensive	545	Sulzer frères	290
Chaudières à eau chaude Leroy et Cie	546	Vaporigène Bourdon	309
Chaudières à eau chaude Michel Perret	540	Volcan	306
— — ovales	541	Chaudières à vapeur à haute pression :	
— — Phœbus	545	Babcock et Wilcox	385
— — pour chauffages de serres	536	Belleville	391
Chaudières à vapeur à basse pression	284	Cornouailles	389
Chaudières à vapeur à basse pression :		Field	386
à grand foyer	303	à foyer amovible	390
à magasin de combustible ..	300	à foyer et carneaux intérieurs ..	389
		Lancashire	389
		Chaudières à vapeur à haute pression :	
		Montupet	391
		Multitubulaires	391
		Niclauss	391
		semi-tubulaires horizontales ..	387
		verticales tubulaires	386
		Weyher et Richmond	390
		Chauffage électrique	675
		— par l'alcool	24 628
		— par calorifères à air chaud ..	70, 90 171
		— par calorifères à air chaud (Tableau des coefficients)	72

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

	Pages.		Pages.	
Chauffage par cheminées ..	17, 19	119	Chauffage par la vapeur à basse pression :	
Chauffages par l'eau chaude (Premiers)	22		En cycle ouvert	222
Chauffage par l'eau chaude (Tableau des coefficients)	76	93	Description des appareils employés	284
Chauffage par l'eau chaude (Théorie) ..	434		Surfaces en gaines	373
Chauffage par l'eau chaude à deux tuyaux	456		Surfaces dans les cheminées	375
Chauffage par l'eau chaude à un seul tuyau	460		Par batteries	379
Chauffage par l'eau chaude avec surfaces en gaines	458		Chauffage par la vapeur à haute et moyenne pression	383
Chauffage par l'eau chaude à circulation accélérée	473		Chauffage par la vapeur à une pression égale ou inférieure à la pression atmosphérique	422
Chauffage par l'eau chaude à circulation accélérée par émulsion	476		Chaussonot (Calorifère)	199
Système Reck	484		Cheminées (Préparation des)	120
— Henri Hamelle	488		Cheminées à la Lhomond	124
— Bruckner	490		Cheminées à la Rumford	129
— Kœrting frères	493		— à la prussienne	140
Chauffage par l'eau chaude à circulation accélérée par pulsion	480		— anglaises	135
Système Chibout	480		Cheminées avec récupérateurs	20
— Rouquaud	495		Cheminées-calorifères	138
Chauffage par l'eau chaude à circulation accélérée :			Cheminée Bolo de Sevray	139
Système Nessi frères	507	528	— de la Compagnie du Gaz ..	138
— Barker	510	531	— Excelsior des fonderies de Sougland	166
Chauffage par l'eau chaude à haute pression (Théorie)	463		— Fondet	140
Chauffage par l'eau chaude à haute pression, système Perkins ...	23	465	— Haillot	140
Chauffage par l'eau chaude à haute pression, microsiphon Geneste et Herscher	470		— Hinstin	167
Chauffage par l'eau chaude à moyenne pression, système Grouvelle	471		— Michel Perret	135
Chauffage mixte par vapeur et eau chaude	564		— Péclot	138
— de Nessi frères	569		— Pichon d'Anthonyay	139
Chauffage par le gaz d'éclairage ..	23	658	Cheminées qui fument : comment les empêcher de fumer ?	131
— par le pétrole	23	671	Chibout (Chauffage à eau chaude à circulation accélérée par pulsion) ..	480
Chauffage par poêles à combustion continue	154		Choubersky (Poêle)	159
Chauffage par poêles à combustion vive	142		Cintrage des tubes	608
Chauffage par poêles (Tableau des coefficients)	70		Circulaire ministérielle du 8 juillet 1903 relative aux chaudières de chauffage	225
Chauffage par pulsion d'air chaud ..	580		Circulation (Étude de la) dans les chauffages à eau chaude. 406, 437	447
Chauffages par la vapeur (Premiers) ..	22		Circulations accélérées d'eau chaude	472
Chauffage par la vapeur (Coefficients)	80		— mécaniques d'eau chaude ..	477
Chauffage par la vapeur à basse pression :			— par pressions de vapeur ...	478
Théorie	216		Circulations simplifiées d'eau chaude	459
Américain	216		Clamond (Radiateurs à gaz)	669
En cycle fermé	216		Clapets	346
			— de contre-pression	418
			— J. et A. Donnelley	423
			Classification des poêles à combustion lente	154
			Clefs à griffe	618
			— de réglage sur les conduits de chaleur	183
			Cleuet (Purgeur)	412
			Cloche à ailettes	195

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES



	Pages.		Pages.
Cloche à hausse.....	196	Convection (Coefficients de).....	57
— (Calorifère à).....	193	— (Transmission de la cha-	
— (Foyer à).....	193	leur par).....	56
Coefficient de convection.....	59	Cordier (Cheminée avec récupéra-	
— de dilatation des liquides		teur).....	20
— de dilatation des liquides		Cornouailles (Chaudière type)....	389
(Tableau des).....	30	Corps athermanes et corps diather-	
Coefficients de dilatation des solides		manes.....	62
(Tableau des).....	28	Corps bons et corps mauvais con-	
Coefficient d'inertie calorifique....	63	ducteurs de la chaleur.....	56
Coefficients de transmission de la		Coudes de dilatation.....	598
chaleur à travers les parois.....	66	— (Études des résistances des).	443
Coffres de distribution d'air chaud..	188	Coupe des tubes.....	606
Colliers et supports de tuyauteries...	601	Coupe tirage Chappée.....	313
Coke (Combustion du).....	114	Coussinets de filières.....	610
Combustion lente.....	154	Crapauds (Foyers de calorifères)...	195
Combustibles.....	105	Critique du chauffage par l'eau	
— agglomérés (Combustion des)	115	chaude.....	475
— gazeux (Combustion des)....	116	Critique des chauffages par l'eau	
— liquides (Combustion des)....	115	chaude à circulation accélérée...	519
Comment empêcher les cheminées		Critique du chauffage par la vapeur	
de fumer?.....	132	à basse pression.....	473
Compagnie générale de chauffage et		Cuau (Calorifère système).....	200
de ventilation de Bruxelles (Robi-		Cycle fermé (Chauffage à vapeur en)	216
net).....	278	Cycle ouvert (Chauffage à vapeur	
Compagnie nationale des radiateurs :		en).....	222
Chaudières.....	303 545	Cylindres (Foyers de calorifères)...	195
Radiateurs.....	368 369		
Radiateurs Bourdon.....	373		
Radiateurs de cheminées.....	377		
Radiateurs Excelsior.....	361		
Radiateurs de plinthes.....	372		
Régulateurs.....	314, 315 552		
Compagnie parisienne du Gaz :			
Chauffage par le gaz.....	668		
Poêles.....	158		
Comparaison entre les thermomè-			
tres (Tableau).....	35		
Comparaison entre les divers systè-			
mes de chauffage à circulation			
accélérée.....	519		
Conductibilité.....	56		
— (Tableaux des coefficients de)	56		
Conduction (Transmission de la cha-			
leur par).....	56		
Conduits de chaleur des calorifères à			
air chaud.....	181		
Conduits de chaleur en terre-plein..	186		
— — suspendus.....	185		
— — unitaires.....	188		
— — verticaux.....	187		
— — pour aéro-calori-			
fers.....	625		
Conduits de fumée (Construction			
des).....	121		
Contre-cœur d'une cheminée..	127 129		
Contre-soubassement d'une che-			
minée.....	127		

D

Dangers de la combustion lente....	152
D'Anthony :	
Aéro-calorifère.....	74 619
Cheminée avec récupérateur	20 139
Poêle français Muller.....	148
Poêle ou radiateur à ailettes...	359
Rapport sur les appareils de	
chauffage à l'Exposition de	
1900.....	376
Davis (Purgeur d'air).....	355
De Dietrich (Calorifère).....	199
Définition de la chaleur.....	7
Delaroche (Poêle Michel Perret)...	148
Demotte et Goelsels (Poêle).....	164
Denayrouze (Chauffage par l'alcool).	673
Deniau (Détendeur).....	400
Densités.....	28
— de l'air.....	33
— de l'eau aux diverses tem-	
peratures (Tableau).....	30
Densités des corps solides (Tableau).	29
— des gaz (Tableau des).....	31
— des liquides (Tableau des)...	30
— des vapeurs (Tableau des)...	52
Description des appareils employés	
dans le chauffage par la vapeur à	
basse pression.....	284

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

	Pages.		Pages.
Détendeurs-régulateurs de pression	393	Enveloppes de radiateurs	369
Détendeurs-régulateurs :		— Bourdon	373
Belfield	397	Équivalence de la chaleur et du travail	6 26
Belleville	399	Équivalent mécanique de la chaleur	27
Deniau	400	Établi de monteur-chaudronnier	604
Foster	396	État hygrométrique de l'air. 12 54,	74
Geneste et Herscher	403	État	605
Grouvelle et Arquembourg	401	— parallèle	606
Kaerferle	403	Éther (Transmission des vibrations par l')	25
Kieley	397	Étude de certaines dispositions de chauffage par la vapeur à basse pression	2-6
Muller et Roger	398	Étude de la circulation dans le chauffage par l'eau chaude	437
Pilz	395	Étude de la vitesse de circulation dans le chauffage par l'eau chaude	439
à ressorts	394	Euler (Séparateur d'eau et de vapeur)	341
Digestion	8	Évacuation d'air vicié	700
Dilatation :		Évaluations empiriques de la température	40
cubique	28	Excelsior (Cheminée des Fonderies de Sougland)	166
des corps solides (Tableau des coefficients)	28	Excelsior (Radiateurs)	362
des gaz	31	Exhauster (Aspirateur Paul)	423
des gaz (tableau des coefficients)	31		
des liquides	29	F	
des tuyaux	598	Faïence (Poêles en)	149
linéaire	28	Familistère de Guise :	
Dimensions des tuyauteries du système américain à un seul tuyau	232	Chauffage électrique	684
A 2 tuyaux	240	Chauffage par le pétrole	571
Dimensions des tuyauteries du système français en cycle ouvert	250	Poêles	157
Dinz (Poêle)	169	Feux de bivouac	15
Dispositions spéciales nécessaires pour le chauffage à vapeur en cycle ouvert	251	Field (Chaudière)	385
Dissolutions	44	Filetage des tuyaux	610
Donnelly (J. et A.) (Clapets)	428	Filières à coussinets fixes	610
— (Système)	427	— — réglables	611
Dorian (Régulateur automatique de température)	657	Filtres à air	174
Doulton (Cheminée avec récupérateur)	21	Foculus	16
Drevet et Lebigre frères (Calorifère)	210	Fond d'âtre d'une cheminée	124 129
— (Chaudière)	293	Fonderies de Sougland (Cheminée Excelsior)	165
Dudgeonnage	615	Fondet (Appareil)	140
Duplex (Purgeur d'air)	356	Force élastique de la vapeur d'eau	48
		— des vapeurs	47 49
E		Forge de monteur-chaudronnier	604
Ébullition	45	Foster (Détendeur universel)	396
— (Tableau des températures)	46	Fouché Frédéric (Aéro-condenseur)	630
Échappement (Chauffage par la vapeur d')	415	— (Séparateur d'huile)	419
Écoles (Poêles pour)	147	Fourreaux pour tuyauteries	602
Effets de la chaleur	27	Foyer dans une anfractuosité de rocher	15
Électricité (Chauffage par l')	679	Foyer Godillot	214
Émissions (Théorie des)	25		
Émulsion (Circulations accélérées par)	482		
Enveloppes calorifuges	663		

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

	Pages.		Pages.
Foyers Michel Perret à dalles perforées	206	Gerard Bécuwe (Radiateurs de cheminée)	378
— — à étages	202	Godillot (Foyer)	214
— — à prismes	204	Goudard (Calorifère)	201
— parisiens de la Compagnie du gaz	137	Goussets dans une cheminée	125
Foyers pour calorifères à air chaud ..	174	Grilles dans les cheminées	135
Franklin (Poêle de)	21	Grille Hinstin	167
Fusion des corps	42	Grouvelle père :	
Fusion (Tableau des chaleurs latentes)	43	Chauffage mixte par l'eau et la vapeur	564
		État hygrométrique de l'air	54
		Grouvelle et Arquembourg :	
G		Aéro-calorifuge	654
Gaines (Chauffage par)	373	Calorifères à air chaud	198
Galli (Calorifères)	207	Chaudière à vapeur à basse pression	284
— (Poêles)	165	Chauffage par l'eau chaude à moyenne pression	471
Garnier et Courtaud :		Chauffage mixte par la vapeur et par l'eau chaude	564
Chaudière à vapeur	284	Détendeur	401
Régulateur à vapeur	334	Purgeurs automatiques	414
Robinet à réglage	347	Raccord Velox	588
Gaz d'éclairage (Chauffage par le) 23	668	Radiateurs	364
— (Combustion du) ..	116	Régulateur à eau chaude	555
Gaz de hauts fourneaux (Combustion des)	117	Régulateurs automatiques de température par l'air comprimé	653
Gaz industriels ou de gazogènes (Combustion des)	117	Régulateurs automatiques de température par l'air raréfié ..	655
Gaz (Tableau des chaleurs spécifiques)	42	Régulateur pour la vapeur à basse pression	333
Gaz (Tableau des coefficients de dilatation)	31	Robinet réglable	346
Gaz (Tableau des densités)	31	Grouvelle et Arquembourg :	
Geipel (Purgeurs)	413	Séparateurs d'eau et de vapeur ..	341
Générateurs	385	Servo-régulateur et régulateurs asservis	405
— à foyer amovible	390	Système par la vapeur à basse pression	275
— à foyers et carneaux intérieurs	389	Thermo-détendeurs	402
Générateurs Babcock et Wilcox ..	391	Guitton (Rapport sur les chauffages par l'eau chaude à circulation accélérée) ..	519
— Belleville	391	Gueulards (Plaques de)	193
— Field	386	Guise (Chauffage électrique)	681
— Montupet	391	Guise (Poêle de la Société du Familistère de)	157
— multitubulaires	391	Gurney (Poêle)	145
— de Naeyer	391		
— Niclausse	391	H	
Générateurs semi-tubulaires	387	Haillet (Appareils pour cheminées) ..	140
— type Cornouailles	389	Hamelle (Henry) :	
— type Lancashire	389	Circulation accélérée par émul-	
— vertical tubulaire	386	sion	488
— Weyher et Richmond ..	390	Radiateurs Bundy	363
Geneste et Herscher :			
Calorifère en maçonnerie	214		
Chauffage mixte par l'eau et la vapeur	566		
Détendeur	402		
Micro-syphon	470		
Poêle français	146		
Gérard Bécuwe (Chaudière)	295		



TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

	Pages.
Haute pression (Chauffage par vapeur à).....	383
Heintz (Purgeur).....	413
— (Purgeur d'air).....	355
— (Régulateur à eau chaude) ..	553
— (Thermo-régulateur).....	649
Hinstin (Grille, cheminée, poêle)...	167
Historique du chauffage.....	13
Hood (Théorie du chauffage par l'eau chaude)	434
Hot Blast System.....	23 631
Houilles (Combustion des).....	110
Humidificateur pour aéro-calorifère d'Anthonay	624
Hygromètre de Saussure.....	55
Hygrométrie.....	12 54
Hypocostum.....	16

I

Inconvénients du chauffage par la vapeur en cycle fermé.....	219
Inconvénients du chauffage par la vapeur en cycle ouvert	227
Indicateur de niveau d'eau (Chauffage à eau chaude)	558
Inertie calorifique (Coefficient d')... ..	63
Influence des pressions sur les températures d'ébullition	46 49
Injection de vapeur vierge dans la vapeur d'échappement.....	418
Introduction.....	4
Invention des appareils de chauffage.....	14

J

Jeanneau (Calorifuge)	662
Jenkins (Purgeurs d'air)	354
Johnson (Régulateur automatique de température)	640
Joint à cordon et emboîtement	594
— Chappée	593 596
— de brides	589 590 591
— de dilatation	598
— des surfaces de chauffe des calorifères à air chaud	177
Joints métalloplastiques	587
Joint Petit	595
— universel	593
Joly (Cheminée).....	20
— (Poêles).....	152
Joule (Théorie de la chaleur) ...	27
Juranville (Robinet Barré et)	352

K

	Pages.
Kaeferlé (Détendeur)	403
— (Régulateur automatique de pression et de combustion).....	332
Kaeferlé (Régulateur automatique de température)	650
Kaeferlé (Séparateur d'eau et de vapeur).....	344
Kaeferlé (Système de chauffage par la vapeur)	272
Kauffer (Régulateur de pression et de combustion).....	317
Kauffer (Système)	270
Keslar (François): Traité sur les poêles	20
Kieley (Détendeur).....	397
Kiesselgur (Calorifuge).....	563
Koerting frères (Circulations accélérées par émulsion)	493 520
— (Système de chauffage par la vapeur à basse pression).....	268 270

L

Lamy (Cheminée avec récupérateur)	20
Lancashire (Chaudière type)	389
Lavoisier (Théorie de la chaleur)....	25
Lebigre frères (Calorifère Drevet et) ..	210
— (Chaudière Drevet et)	293
Lebœuf (Radiateur)	364
Leeds (Système).....	278
Le Roy (Chauffage électrique).....	585
Leroy et C ^{ie} :	
Aéro-calorifère	628
Chaudière à vapeur à basse pression.....	287
Leroy et C ^{ie} :	
Chaudière thermo-siphon	546
Raccords express	586
Radiateur	364
Radiateur à ailettes	358
Radiateur tournant	699
Régulateur automatique de pression.....	316
Lhomond (Cheminée à la)	19 124
Liège aggloméré, Liéguine	663
Linteau d'une cheminée	127
Liquéfaction des vapeurs	52
Liquides (Tableau des chaleurs spécifiques).....	41
Liquides (Tableau des coefficients de dilatation).....	30
Liquides (Tableau des densités)	30

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES



M

	Pages.
Machine à cintrer les tubes	609
— à fileter les tubes	614
Manomètres.....	51
Marbrerie d'une cheminée.....	123
Mariotte (Loi de).....	33
Marmite de Papin	49
Maxima et minima (Thermomètres).....	37
Maximum de densité de l'eau	30
Mayer (D.) : Théorie de la chaleur ..	23
Mélange des gaz et des vapeurs	53
Mélanges réfrigérants (Tableau des)	44
Mélange (Transmission de la chaleur par).....	57
Mesure des tensions ou pressions des vapeurs	50
Michel Perret :	
Calorifères.....	202
Chaudière à eau chaude.....	541
Cheminée rayonnante	135
Poêle	148
Mignot (Système de chauffage à vapeur).....	278
Mines Budéris (Société des) :	
Régulateur à mercure.....	330
Mitrons	122
Modérateur de tirage Chappée	313
Modes de transmission de la chaleur	56
Monash (Purgeur d'air)	355
Monnot (Radiateur Bundy)	364
— (Régulateur automatique de pression).....	319
Montants de tuyaux sur les cheminées	132
Montupet (Chaudière à vapeur à basse pression).....	289
Montupet (Chaudière multitubulaire).....	391
Morin (le général) : Traité de la ventilation	11
Moyenne pression (Chauffage par la vapeur à).....	383
Moyenne pression (Chauffage par l'eau chaude à)	471
Muller et Roger (Détendeur)	398
Muller (Poêle français)	148
Musgrave (Calorifère)	213
— (Poêle)	156
N	
Naeyer (de) (Chaudière multitubulaire).....	391
Nason (Radiateurs)	364
Nécessité du chauffage	8
Nessi et Bigeault (Régulateur)	551

	Pages.
Nessi frères (Chaudière à vapeur à basse pression)	288
Nessi frères (Chauffage à eau chaude à circulation accélérée)	507
Nestor Cabinet (Ashwell et Nesbit) ..	693
Newton (Loi de la transmission de la chaleur)	58
Niche d'une cheminée	127
Niclausse (Chaudière multitubulaire)	391
Notes techniques	25
Notions préliminaires	7
Nuvacumette (Valve Atkinson)....	430

O

Ondulations (Théorie des).....	26
Ordonnances royales de 712 et 1723 sur les conduits de fumée	17
Outillage des monteurs-chaudronniers	604

P

Papin (Marmite de)	49
Parquet (Bouches de)	189
Parvillée (Chauffage électrique)	684
Paul (Système).....	423
Pélet (Cheminée)	20
Peel Valves.....	560
Pénétration de la chaleur	62
Pentes dans une cheminée	127
Perçage	615
Perdu (Radiateurs).....	365
Période de mise en régime dans un chauffage	99
Perkins (Chauffage).....	23
— (Joints, tuyaux) ..	597
Perret (Michel) :	
Calorifères	202
Chaudière à eau chaude	541
Cheminée rayonnante	135
Poêle	148
Persiennes (Bouches à)	191
Pertes de chaleur par la ventilation ..	68
Pétrole (Chauffage par le)	23
Phare (Poêle).....	167
Pichon, d'Anthonay (Cheminée)....	139
Pied-Selle (Usines de)	161
Piet Bellan (Calorifère en maçonnerie)	213
Pilz (Détendeur)	395
Pince à tubes	618
Plaque de gueulard	194
Plenum system	22, 619
Pline (Calorifère romain).....	16

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

	Pages.		Pages.
Plinthes (Bouches de)	191	Purgeurs automatiques :	
Poêles à ailettes.....	359	de vapeur et d'eau	282 411
— (chauffage par la vapeur à		à clapets (J. et A. Donnelly) ...	429
haute et moyenne pression)	408	à flotteur	411
Poêle à vapeur d'Anthonay	409	américain	282
— à combustion continue	155	à syphon	282
— à combustion vive.....	142	Broomel	281
— à gaz	668	Cleuet	412
— Besson	160	Elem.....	282
— Cadé	163	Geipel	413
— calorifères	146	Grouvelle et Arquembourg	414
— calorifères (Transmission à		Heintz	413
travers les parois des)	69	Inia.....	283
Poêle Choubersky	159	Richard.....	412
— d'écoles	147 156	J. Tudor	280
— de corps de garde	143	Willems et Cremer	414
— de la Compagnie parisienne du		Purgeurs d'air	220, 221 354
gaz	155	— à main.....	354
Poêle de la Société du Familistère de		— Davis	355
Guise	157	— Duplex.....	356
Poêle des Usines de Pied-Selle	161	— Jenkins	354
— Demotte et Goesels	164	— Heintz	355
— de salle à manger.....	149	— Monash	355
— Dinz	169	Pyromètres	39
— en faïence	21 144	— à cadran	39
— en fonte, type commun	143	— avertisseurs	39
— français (Geneste et Herscher)	146		
Poêle français (Muller, d'Antho-		R	
nay).....	148	Raccords de tuyauterie de chauffage	573
— Franklin.....	142	Raccords express (Leroy et C ^{ie})	586 587
— Hinstin.....	167	— Grouvelle et Arquem-	
Poêle Galli	165	bourg (Velox)	586
— Gurney	145	Raccords Perkins.....	466 597
— Michel Perret.....	148	— Unions.....	585 586
— Musgrave	156	— Vasse	587
— Phénix.....	158	Radiation (Transmission de la cha-	
Poêles (Transmission à travers les		leur par)	58
parois des).....	69	Radiation (Coefficients de)	59
Pompes d'appel.....	179	— directe par l'eau	75
Portes de ramonage	175	— indirecte par l'eau.....	76
Pose des tuyaux	617	Radiateurs	356
Poste central téléphonique de Paris.	628	— à ailettes (automobiles) .	362
Pourquoi les cheminées fument.....	131	— — (Excelsior) ..	361
Powers (Régulateur automatique de		— — Leroy et C ^{ie} ..	364
température)	637	— à eau chaude.....	559
Préparation des cheminées	120	— à gaz	569
Pression atmosphérique	50	— américains	362 363
Pressions des vapeurs	50	— Bundy	364
Prise d'air (Calorifères à air chaud)..	171	— Chappée	366
Produits de la combustion	118	— Compagnie nationale des	
Prusienne (Cheminée à la).....		radiateurs.. 361, 365	
Puissance calorifique des combus-		368, 372, 373	377
tibles	106	Radiateurs de cheminées. 375, 376	377
Pulsion (Circulation d'eau par)	480	— de plinthes	372
— d'air chaud (Chauffage par)	619	— directs	356
Pump governor (Réglage automa-		— directs-indirects	356
tique de la température)	425		
Purge des conduites de vapeur	234		

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES



	Pages.		Pages.
Radiateurs dissimulés.....	370	A eau :	
— Gérard Bécuwe.....	378	Wyss et C ^{ie}	328
— Grouvelle et Arquem- bourg.....	355 376	A membrane :	
— indirects.....	356	Américain.....	311
— Leboeuf.....	365	Chappée (à poche déformable) ..	312 313
— Leroy.....	364	Idéal.....	314
— Muraux.....	368	Leroy et C ^{ie}	316
— Nason.....	334	Piat.....	316
— Perdu.....	365	Sylphon.....	315
— tournants.....	599	A mercure :	
— (Chauffage par la vapeur à haute et moyenne pression)	408	Kaeferlé.....	332
Ramonage des calorifères à air chaud.....	175	Koerting.....	330
Ramonage des grandes cheminées anciennes.....	17	Garnier et Courtaud.....	334
Rappel (Batteries de).....	379	Grouvelle et Arquembourg.....	333
— Rappel (Bouches de).....	173	Société des Mines Budérus.....	330
Rapport de M. d'Anthonay sur les appareils exposés en 1900.....	376	Sulzer frères.....	332
Rapport de M. Guilton sur les chauffages par l'eau chaude à cir- culation accélérée.....	519	Régulateurs automatiques de tem- pérature de l'air.....	637
Reck (Système par émulsion) ..	484 520	Dorian.....	357
Recherche des antériorités du chauffage à vapeur à basse pres- sion.....	266	Grouvelle et Arquembourg.....	653
Réduction de vitesse dans les tuyauteries d'eau chaude.....	439	Heintz.....	649
Registres de réglage des calorifères .	178	Johnson.....	640
— — des conduits de chaleur.....	181	Kaeferlé.....	650
Réglage à distance de la pression de vapeur.....	405	National Regulator C ^o	645
Réglage automatique de la tempéra- ture de l'air.....	635	Powers.....	637
Réglage automatique de la tempéra- ture de l'eau.....	547	Régulateurs automatiques de la température de l'eau.....	547
Règlement sanitaire applicable à la ville de Paris.....	11	à membrane.....	549
Régulateur automatique de pompe (Pump governor).....	425	Régulateurs automatiques de la température de l'eau :	
Régulateurs automatiques de pres- sion et de combustion.....	257 311	Bohain.....	551
à eau.....	259 317	Grouvelle et Arquembourg.....	555
à membrane.....	258 311	Heintz.....	553
à mercure.....	260 329	Nessi et Bigeaull.....	551
A eau :		Sylphon.....	552
Arquembourg (Louis).....	321	à tubes déformables.....	548
Allemand DR.....	324	à tubes plongeurs.....	550
Bourdon.....	320	Régulateurs-détendeurs de pression. par l'air comprimé Grouvelle et Arquembourg.....	393 405
Chappée.....	326	par l'air raréfié Grouvelle et Arquembourg.....	407
Kauffer.....	317	Religion du feu (Zoroastre).....	14
Klinger.....	318 323	Rendement des calorifères.....	71
Koerting frères.....	325	Réservoir d'expansion Perkins.....	465
Monnot.....	319	Respiration.....	7
Senff.....	322	— (Théorie de Lavoisier) ..	7
		Résistances électriques appliquées	
		au chauffage.....	679
		du Familistère de Guise.....	681
		Le Roy.....	685
		Parvillée.....	684
		Résistances des canalisations dans les chauffages à eau chaude ..	438 439
		Résistances locales dans les chauf- fages à eau chaude.....	439, 440 443
		Résultante des charges.....	440 444

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

	Pages.		Pages.
Rétrécissement d'une cheminée	128	Ser (Tableau des coefficients de transmission : eau chaude)	76 77
Réveilhaac (Poêle-père)	167	Ser (Tableau des coefficients de transmission : calorifères)	71 72
Richard (Purgeur)	412	Ser (Tableau des coefficients de transmission : chaudières)	83
Rietschel (Recherche des antérieures)	267	Ser (Tableau des coefficients de transmission : poêles)	70
Robin Bang (Calorifère)	208	Ser (Tableau des coefficients de transmission : vapeur)	82 83
— (Chaudière)	292	Ser (Théorie de la ventilation)	97
Robinets d'air	220, 221 354	Serre-tubes	617
Robinets pour chauffage à eau chaude	559	Servo-régulateur Grouvelle et Arquembourg	405
à boisseau	561	Sifflet d'alarme	341
allemands	561	Siphons dans les chauffages à vapeur	235, 238, 243 282
Radior GA	563	Société du Familistère de Guise :	
Robinets pour chauffage par la vapeur à basse pression	274 346	Chauffage électrique	681
réglables	344	— par le pétrole	671
Barré et Juranville	352	Poêles	157
Broomell	281	Société des Mines Budéris :	
Chappée	352	Régulateur automatique	330
du commerce	350	Solides (Tableau des chaleurs latentes)	44
Mathelin et Garnier	347	— — — spécifiques	40
G. D.	353	— — des coefficients de dilatation	28
Grouvelle et Arquembourg	275 347	Solides (Tableau des densités)	29
Idéal	353	— — des températures de fusion	43
Leroy et C ^{ie}	348	Soubassement d'une cheminée	124
Mignot	278	Souche d'une cheminée	132
Sulzer	350	Soudure autogène	583
Robinets pour chauffage par la vapeur à basse pression :		Soufflet (Bouches à)	191
Tudor Frédéric	273	Sougland (Cheminée des fonderies de)	166
Tudor (J.)	280	Soupape de réglage des conduits de chaleur	183
Robinetterie pour le chauffage à haute et moyenne pression	410	Soupape de sûreté système Perkins	470
Rosaces de parquet pour tuyauterie	602	Spécialistes (Calorifères des)	197
Rouquaud (Système par pulsion)	495 524	— (Chaudières à vapeur des)	284
Rumford (Théorie de la cheminée)	19	Steam Hot Blast system	631
— (Construction de la cheminée)	129	Subérine (Calorifuge)	661
		Sulzer frères :	
		Chaudières à vapeur à basse pression	290 307
		Chauffage mixte par l'eau et la vapeur	567
		Régulateur automatique de pression	332
		Robinet à réglage	350
		Sifflet d'alarme	341
		Supports et colliers de tuyauteries	601
		— de tuyaux à ailettes	358
		Sûreté (Dispositif de)	335

S

Salamandre (Cheminée Chaboche)	162
Saturateurs (Calorifères à air chaud)	179
Saturation de l'air (Tableau)	54
Saturation des gaz	53
Savot (Cheminée avec récupérateur)	19
Sections des canalisations de vapeur	248
— des robinets de chauffage à vapeur	254
Sections des tuyaux de fumée	19 121
Séguin (Théorie de la chaleur)	26
Séparateurs d'eau et de vapeur	341
— d'huile et de vapeur	419
Ser (Coefficients d'inertie calorifique)	63
— (Ordonnances royales de 1712 et 1723)	17



TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

	Pages.		Pages.
Thermodynamique	25	Tudor (Fréd.), 2 ^e brevet n° 278636	267
Thermo-détendeur Grouvelle et Arquebourg.....	402	— 3 ^e — 291818	273
Thermograde system (J. Tudor) ...	280	— 4 ^e — 318401	273
Thermomètres.....	33	Tudor (J.) (Système)	280
— à cadran	39	Tuyaux à ailettes	358
— à maxima et minima.....	37 557	— de plinthes	358
— avertisseurs	39	— verticales.....	362
— Delisle, Réaumur, Celsius, Linné, centigrade, Fahrenheit.....	33	Tuyaux de fumée ... 121, 122, 132	262
Thermomètres enregistreurs	38	Tuyaux en acier	579 591
Thermo-multiplificateurs électriques	678	— en cuivre	584, 587 591
Thermo-régulateur Heintz	649	— en fer.....	571 597
Thermostat Johnson	640	— en fonte.....	584, 592, 594 597
— National Regulator C° ..	645	— Perkins	466 597
— Powers	637	Tuyauterie pour le chauffage :	
Thomas Laurens (Chauffage mixte, vapeur et eau chaude)	566	A eau chaude	447, 591 594
Tourbe (Combustion de la)	109	A vapeur à basse pression .	232, 240, 241 250
Tourniquet (Bouches à).....	192		
Traité sur les poêles (François Kessler).....	20	U	
Transmission de la chaleur (Modes de)	56	Unions (Raccords)	585 586
Transmission de la chaleur :		Unités de chaleur	40
A travers les parois à deux faces parallèles	60	Utilisation du combustible dans les cheminées	134 135
A travers les parois cylindriques	60	Usines de Pied-Selle (Poêle).....	161
De l'air à l'air à travers les parois pleines	66	V	
De l'air à l'air à travers les parois des appareils de chauffage.....	69	Vacuum system	422
De l'air à l'air à travers les parois des calorifères à air chaud	72	Valve Nuvacuomette Atkinson ...	430
De l'eau à l'air	75	— thermostatique Webster	426 427
De l'eau à l'air, radiation directe	75	Vapeur à basse pression (Chauffage par la).....	216
De l'eau à l'air, radiation indirecte	78	Vapeur à haute ou moyenne pression (Chauffage par la).....	385
De l'eau à l'eau.....	79	Vapeur à une pression égale ou inférieure à la pression atmosphérique	422
De la vapeur à l'air	80	Vapeur d'échappement	416
De la vapeur à l'air; radiation directe	80	Vapeurs (Liquéfaction des).....	52
De la vapeur à l'air, radiation indirecte.....	81	Vapeurs saturées.....	52
De la vapeur à l'eau	82	— (Tableau des densités) ...	53
— (Tableau des coefficients).....	83	Vaporigène Bourdon	309
Des gaz de la combustion à l'eau.....	83	Vaporisation	47
Transpiration	8	— (Tableau des chaleurs latentes)	47
Trégold (Théorie du chauffage par l'eau chaude)	434	Vase d'expansion Perkins	466
Tudor (Fréd.), 1 ^{er} brevet n° 185145	266	Vasse (Raccord Union)	587
		Ventilateur pour aéro-calorifère....	620
		Ventilation	688
		— (Nécessité de la).....	10
		— (Pertes de chaleur par la)	68
		— (Ser)	24
		Ventilation (Volume nécessaire)....	11
		Ventouses (Arrêt du Préfet de la Seine)	19

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES



	Pages.	W			Pages.
Ventouses (Construction des conduits).....	115	131	Walter (Poêle Phénix).....		158
Vestale (Poêle Galli)	165	165	Wagons en terre cuite.....	121	122
Vibration des corps.....	26	26	Webster (Système).....		425
Viollet-le-Duc (Scène de la Vie de l'homme primitif)	14	14	Weyher et Richmond (Chaudière) ..		390
Vitesse de circulation dans le chauffage à eau chaude.....	437, 439	439	Willems et Cremer (Purgeur).....		414
Vitruve (Cheminée)	17	17	Z		
Volume de l'air aux diverses températures.	33	33	Zoroastre (Religion du feu).....		14
			Zone neutre (Théorie de la).....		690



ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Le chauffage et la ventilation des bâtiments industriels, par G. DEBESSON, ingénieur civil. In-4° 24 × 31 de 96 pages, avec 136 figures (1910)..... 6 fr.

Considérations sur la nécessité du chauffage et de la ventilation. Nécessité du chauffage et de la ventilation au point de vue physiologique. Exemple du calcul préliminaire du chauffage d'une usine et de ses bureaux. Chauffage par poêles, par calorifères à air chaud, par la vapeur à basse pression, par la vapeur vive, par la vapeur d'échappement, par la vapeur à une pression égale ou inférieure à la pression atmosphérique, par l'eau chaude à basse et haute pression, par l'eau chaude à circulation accélérée, par l'eau chaude chauffée par la vapeur, par pulsion d'air chaud. Ventilation. Humidification. Systèmes et appareils divers. Comparaison des divers systèmes appliqués au chauffage de l'usine type. Descriptions d'appareils.

Le fonctionnement économique du chauffage central. Dimensions exactes, établissement et marche économique des installations, par G. de GRAHL, traduit par A. SCHUBERT, ingénieur des arts et manufactures, préface et annotations par G. DEBESSON, ingénieur-conseil. In-8° 16 × 25 de XXII-238 pages, avec 96 figures (1914). Broché, 9 fr.; cartonné..... 10 fr. 50

Consommation de coke. Température journalière moyenne et nombre des jours de chauffage. Perte de chaleur par la tuyauterie dans le cas du chauffage à l'eau chaude. Réglage de la quantité de chaleur dégagée. Emploi du coke de gaz ou du coke métallurgique. Essais pour évaluer la production des chaudières. Détermination du rendement. Analyse des gaz. Détermination de la perte de chaleur résultant de la combustion incomplète. Chaleur spécifique des gaz. Calcul de la conduction et du rayonnement dans les chaudières. Calcul de la perte par la cheminée. Puissance calorifique du coke brûlé. Chaudière de chauffage à tubes verticaux. Chaudière en fer à cheval. Chaudière à foyer intérieur avec bouilleur transversal et tubes à fumée. Chaudière Strehel (chauffage à vapeur à basse et à haute pression. Distribution d'eau chaude). Chaudières Rapid et Lollar. Résultats des essais. Absorption et émission de chaleur par les murs. Le chauffage doit-il être continu ou intermittent?

Fumisterie, chauffage et ventilation, par E. AUCAMUS, ingénieur des Arts et Manufactures, chef d'atelier à la Compagnie des chemins de fer du Nord. In-16° 12 × 18 de 200 p., avec 213 fig. (1898). Reliure souple... 10 fr.

Fumisterie : Généralités. Matériaux et outillage. Travaux de fumisterie. Ordonnances et règlements. *Chauffage* : Considérations théoriques. Cheminées d'appartements. Poêles. Chauffage au gaz d'éclairage. Calorifères. Chauffage (par l'air chaud; par l'eau chaude; par la vapeur). Calculs relatifs à l'établissement d'un projet de chauffage. *Ventilation* : Ventilation (naturelle; par cheminée chauffée; mécanique).

Combustibles industriels: Houille, pétrole, lignite, tourbe, bois, charbon de bois, agglomérés, coke, gaz, résidus industriels ou agricoles, gadoues, par Félix COLOMER, ing.-conseil, ancien ing. en chef des mines d'Ostricourt, et Charles LORDIER, ing. civil des Mines, insp. du matériel et de la traction de la C^e des Chemins de fer de l'Ouest. 3^e édition revue et augmentée. In-8° 16 × 25 de 676 p., avec 214 fig. (1919)..... 32 fr. 50

La houille : Définition et classification. Essais et analyse. Sortage. Lavage. Définition industrielle et achat. Emploi de la houille dans les foyers. Foyers spéciaux. Le *pétrole* : Propriétés et analyse. Emplois. Brûleurs. *Lignite, tourbe, bois. Charbons de bois. Agglomérés* : Généralités. Outillage des usines. Appareils de compression. *Coke* : Définition et emploi. Théorie de la carbonisation. Fours. Récupération des sous-produits. Installation et prix de revient d'une usine de carbonisation. Gaz. Résidus industriels ou agricoles. Gadoues.

Le carbone et son industrie, par Jean ESCARD, ingénieur civil, ancien élève du Laboratoire central de la Société internationale des Électriciens. In-8° 16 × 25 de 802 pages, avec 129 figures (1906). Broché, 25 fr.; cartonné... 26 fr. 50

Propriétés générales des carbones. Le diamant. Gisements diamantifères. Applications industrielles du diamant. Formation du diamant; essais de reproduction. Le graphite et les charbons électriques. Les carbones amorphes. La houille et ses variétés. Applications industrielles de la houille. Gisements.



DUNOD, Successeur de H. DUNOD et E. PINAT

La fabrication du coke et les sous-produits de la distillation de la houille, par Adrien SAY, ingénieur. In-8° 16 × 25 de 244 pages, avec 92 figures et planches. *Nouveau tirage* (1918) 12 fr. 50

Historique et généralités. Mise en marche des fours à coke. Extinction du coke. Production et consommation de vapeur. Récolte des sous-produits. Traitement des sous-produits. Benzol. Laboratoire. Comptabilité des ateliers.

La tourbe et son utilisation, par Pierre DE MONTGOLFIER, industriel. In-8° 13 × 21 de IV-179 pages, avec 23 figures (1918) 7 fr. 50

Formation de la tourbe. Propriétés physiques. Composition chimique. Les tourbières en Europe et en Amérique. Fossiles des tourbières. Recherche et exploitation des tourbières. Extraction de la tourbe. Rendement des tourbières. Législation des tourbières et usines de traitement. Usages de la tourbe. La tourbe employée comme combustible. Carbonisation humide de la tourbe. Distillation. Sous-produits de la distillation. Le gaz de tourbe. Usages industriels de la tourbe. La tourbe dans l'agriculture. Mise en valeur des terres tourbeuses, etc.

Exploitation industrielle de la tourbe, par Ch. Van EECKE, ingénieur. In-8° 16 × 25 de 370 pages, avec 168 figures (1918) 12 fr. 50

Les tourbières. Exploitation des tourbières pour combustible. Industries diverses de la tourbe. Annexe.

Le goudron et ses dérivés. Extraction, distillation, analyse, par le docteur G. MALATESTA, traduit de l'Italien par J.-A. MONTELLIER, ingénieur chimiste. In-8° 16 × 25 de XVI-464 pages, avec 180 figures (1918) 27 fr. 50

Historique. Goudron obtenu dans la fabrication du gaz d'éclairage. Goudron provenant de la fabrication du coke métallurgique. Composés divers du goudron. Hydrocarbures. Distillation du goudron. Huiles légères. Huiles moyennes. Huile lourde. Huile d'anthracène. Brais. Asphaltes. Bitumes. Distillation du goudron de lignite et du goudron de bois. *Partie analytique*. Hydrocarbures de la série du benzène contenus dans le gaz. Dosage de la naphthaline contenue dans le gaz d'éclairage épuré. Analyse du goudron. Huiles légères. Phénols. Bases pyridiques. Huile moyenne. Naphtaline. Huile lourde. Anthracène. Recherche et dosage des impuretés de l'anthracène commercial. Brais et asphaltes. Détermination du bitume d'après son extraction. Différenciation des brais et des asphaltes.

Le gaspillage des combustibles dans leurs usages industriels et domestiques, par L. BERGER, ingénieur civil, inspecteur des appareils à vapeur. In-8° 16 × 24 de 178 pages, avec fig. (1919) 6 fr. 50

Méthodes économiques de combustion dans les chaudières à vapeur, par J. IZART, ingénieur conseil. 4^e édition. In-8° 16 × 25 de XVI-383 p., avec 115 figures. (1920) 17 fr.

Etude économique de la combustion. Rendement et pertes de la combustion. Choix d'un combustible économique. Economie dans les méthodes de chauffe. Appareils pour le contrôle de la chauffe. Tables numériques (Données générales. Température. Combustibles. Air et tirage. Pertes et récupération. Consommation, prix de revient et divers). Index alphabétique. Essai des charbons. Chauffage à la main. Chauffage mécanique. Réchauffage de l'air introduit au foyer. Epuration et réchauffage de l'eau d'alimentation. Compteurs d'eau et de vapeur. Indicateurs de tirage. Analyseurs de fumée.

La chaufferie moderne. Les foyers de chaudières, leur constitution, leurs accessoires, leurs services annexes, par André TURIN, ing. des Arts et Manufactures, répétiteur à l'Ecole centrale. In-8° 16 × 25 VIII-408 pages, avec 416 fig. (1913). Broché, 20 fr.; cartonné 21 fr. 50

Etude des combustibles. De la combustion. Foyers à chargements à la main. Foyers extérieurs. Foyers intérieurs. Foyers pour combustibles spéciaux. Foyers mécaniques. Foyers à grille. Foyers à pelletage. Foyers dits « Coking Stoker ». Foyers à chargement renversé. Foyers à grille inclinée ou à gradins. Passage de l'air dans les foyers: tirage, foyers soufflés. Manutention des charbons. Dispositions générales d'aménagement des chaufferies. Foyers à combustibles liquides. Foyers à gaz. Du briquetage. Contrôle de la chaufferie.

Ces prix sont provisoirement susceptibles d'une majoration dont le taux est indiqué par mon catalogue et rappelé sur un papillon figurant au verso de la couverture de chaque volume.



G. DEBESSON
—
LE CHAUFFAGE
DES
HABITATIONS
—
DEUXIÈME ÉDITION

DUNOD
PARIS