

ployées sur les façades des poêles en faïence, bien qu'on en fasse usage quelquefois pour les calorifères, dans les petites pièces.

Toutes ces bouches de chaleur, outre le système de fermeture, sont munies d'un grillage intérieur à mailles ou à barrettes, empêchant l'entrée des petits animaux, et des papiers ou corps étrangers, qui

encombrent les conduits de chaleur. Ces grillages sont mobiles, et peuvent être déplacés pour permettre les nettoyages.

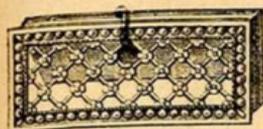


FIG. 135.

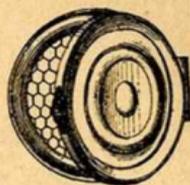


FIG. 136.

DIVERS TYPES DE CALORIFÈRES

Calorifère à cloche. — La forme générale du calorifère ordinaire, construit par tous les fumistes, est représentée sur la figure 100 au commencement de ce chapitre.

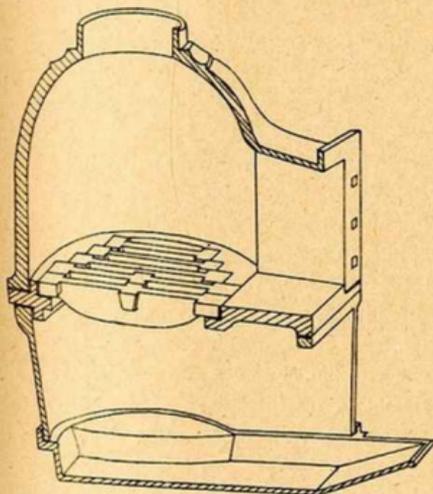


FIG. 137.

Le foyer est constitué par une cloche en fonte (*fig. 137*), avec façade ouverte à l'avant et départ de fumée, soit verticalement au-dessus, soit horizontalement ou obliquement à l'arrière.

Ce foyer s'appuie sur un cercle en fonte, placé lui-même sur un cendrier en tôle ou en fonte, qui reçoit à la partie inférieure un réservoir dans lequel tombent les cendres. Il est bon de maintenir de l'eau dans ce cendrier, pour éviter la poussière, et aussi parce que la légère vaporisation qui se

produit rafraîchit les barreaux de grille, et prolonge leur durée.

Les barreaux sont portés sur le cercle, qui est pourvu d'encoches pour les recevoir; la partie avant de la cloche est séparée du cendrier par une

plaque qui fait partie du cercle, ou forme une pièce séparée, et qui s'appelle *plaque de gueulard*.

L'avant de la cloche et du cendrier est fermé par une façade en fonte, boulonnée sur la cloche, et qui est munie d'une porte de foyer et quelquefois d'une porte de cendrier.

Les produits de la combustion du foyer partent par une tubulure en fonte ou en très forte tôle, qui les conduit dans un coffre vertical en tôle, souvent doublé d'une grosse plaque de fonte intérieure formant coup de feu, et quelquefois même d'une garniture réfractaire.

C'est ce coffre qui reçoit en effet les gaz à très haute température ; il est souvent porté au rouge dans les calorifères mal construits, et se déforme ou est brûlé très rapidement. Il est, de plus, très difficile à nettoyer, et c'est à peu près la seule partie qu'on doit ramoner par l'intérieur de l'enveloppe en briques. C'est de ce coffre que part la surface de chauffe, composée de serpentins en tôle, qui se superposent en chicane pour arriver jusqu'à la cheminée.

Quand on emploie des surfaces de chauffe en fonte, le coffre est remplacé par une boule en fonte très épaisse, qui reçoit le premier coup de feu, et est munie de deux tubulures latérales formant les départs de la surface de chauffe, sur les deux côtés de la cloche.

Cette cloche est la partie faible du calorifère ; elle peut durer très longtemps, ou se rompre dès la mise en service. Quand elle est très épaisse, et faite en bonne fonte de deuxième fusion, elle dure plusieurs hivers, à la condition d'éviter les projections d'eau, soit par un saturateur qui déborde, soit par du combustible mouillé chargé sur la grille. Une simple goutte d'eau projetée sur la fonte à haute température peut, en effet, en amener la rupture. Mais le plus souvent, par raison d'économie, cette cloche, qui s'achète au poids de la fonte, est excessivement mince, et il n'est pas rare qu'elle ne dure même pas un hiver.

C'est ce foyer, très défectueux lorsqu'il est fourni par des fumistes peu consciencieux, regardant avant tout au bon marché, qui a le plus contribué à jeter le discrédit sur les calorifères à air chaud de ce type.

On a plus de sécurité, au point de vue des ruptures, en employant des cloches munies à l'extérieur de nervures ou ailettes. Ces ailettes augmentent la résistance de la fonte, et rendent plus rares les accidents ; elles empêchent la cloche de rougir aussi facilement, parce qu'elles augmentent la surface de transmission léchée par l'air, si la prise d'air est bien établie. Enfin, en diminuant la température, elles contribuent aussi à empêcher l'air d'être surchauffé, comme il l'est généralement avec les cloches minces.

On obtient encore de meilleurs résultats en employant des cloches disposées pour recevoir, à l'endroit du coup de feu, une garniture en briques

réfractaires, ou en pièces réfractaires construites spécialement. Dans cas, la cloche est généralement en deux parties : une première partie cylindrique est prévue pour recevoir la garniture réfractaire ; au-dessus s'adapte une calotte sphérique portant la tubulure de départ de fumée.

Dans tous les modèles de cloches le départ de fumée est placé verticalement sur le dessus, ou horizontalement à l'arrière. Certains constructeurs ont des cloches avec buses de départ inclinées à 30 ou 45° à l'arrière, qui rendent plus facile la disposition de la surface de chauffe à la suite.

La dimension d'une cloche est déterminée par la surface de sa grille, qu'on calcule à raison de 40 à 50 kilogrammes de charbon par mètre carré.

Cette cloche est un appareil très encombrant, en raison de sa forme circulaire, et rend très difficile l'utilisation de la partie centrale du calorifère à air chaud.

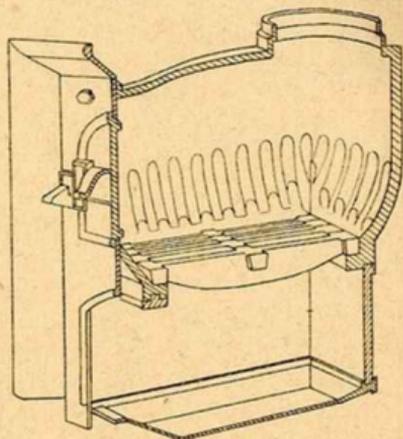


FIG. 138.

Pour éviter cet inconvénient, on peut employer des cloches à section ellipsoïde, qu'on trouve dans le commerce, et qu'on appelle des *cylindres* ou encore des *crapauds* (fig. 139).

Ces cylindres ont des grilles rectangulaires, et occupent moins de place en largeur. Ils sont donc plus faciles à installer que les cloches cylindriques, et permettent de disposer plus aisément les surfaces de chauffe.

On construit des cylindres unis, des cylindres à ailettes, des cylindres à garniture réfractaire intérieure, avec ailettes extérieures (fig. 139), ou sans ailettes.

Ces appareils existent dans le commerce suivant une infinité

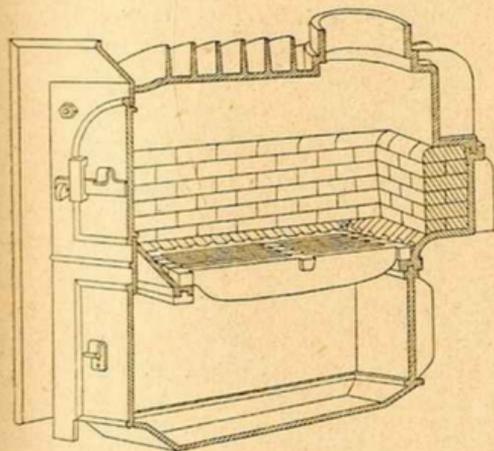


FIG. 139.

de modèles et de dimensions, variables avec les constructeurs.

Les calorifères à air chaud, avec foyers à cloche ou à cylindre précédemment décrits, nécessitent des chargements fréquents. Ils peuvent brûler n'importe quel combustible, charbon tout-venant gras ou maigre, coke, briquettes, etc. Mais le combustible doit être chargé en couche mince, et, même avec un chauffeur soigneux et habile, on ne peut con-

server du feu qu'en faisant des chargements toutes les deux ou trois heures, et plus souvent pour les petits appareils.

La Compagnie parisienne du Gaz avait créé des modèles hauts, destinés à recevoir du coke pour une combustion continue de cinq ou six heures et plus. On trouve également ces modèles chez tous les marchands de fontes de fumisterie, sous le nom de *cloches à hausse*. Ces cloches se font unies ou à ailettes (fig. 140). Elles possèdent généralement trois portes en façade. Celle du bas est la porte du cendrier; celle du milieu sert pour l'allumage et pour les chargements quand on veut faire fonctionner l'appareil en marche discontinue; enfin la porte du haut sert pour les chargements en marche semi-continue.

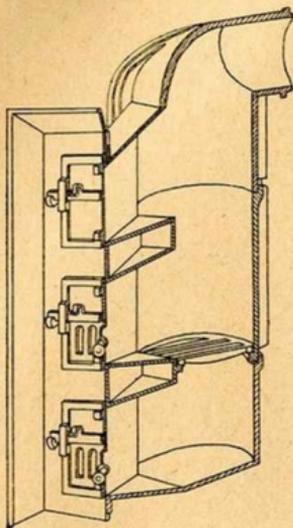


Fig. 140.

Il ne s'agit pas, en effet, d'appareils à fonctionnement rigoureusement continu,

mais de foyers dans lesquels on introduit à la fois le combustible nécessaire à la combustion de plusieurs heures. On peut les classer dans les types correspondant à notre première catégorie des poêles, c'est-à-dire que les calorifères de ce genre sont essentiellement défectueux. Producteurs d'oxyde de carbone par excellence, c'est-à-dire mauvais utilisateurs de combustibles, très irréguliers au point de vue de la chaleur transmise, qui atteint son maximum quand la masse de combustible est en ignition, ils ne sont plus maintenant employés que dans les installations de chauffage à très bon marché, dans les petites propriétés construites en vue de la location, et dans les maisons de rapport bâties par les spéculateurs, avec un confortable plus apparent que réel. On doit prendre avec eux les plus grandes précautions, et vérifier fréquemment leur étanchéité.

S'ils étaient crevassés, ou si leurs joints étaient détruits, le moindre défaut de tirage aurait comme conséquence un refoulement de gaz dan-

gereux, acide carbonique et oxyde de carbone, qui se mélangeraient à l'air chaud.

C'est à des incidents de ce genre qu'on doit les migraines, lourdeurs, maux de têtes, nausées, et tous les malaises qu'on ressent dans les maisons chauffées par ces types de calorifères.

La figure 141 montre une disposition de calorifère du commerce, avec cloche à hausse, à ailettes, et surface de chauffe en fonte à joints à brides, telles que les fonderies les fournissent aux fumistes.

Nous n'insisterons pas davantage sur les calorifères du commerce, dont les dimensions et les dispositions sont variables suivant le prix que

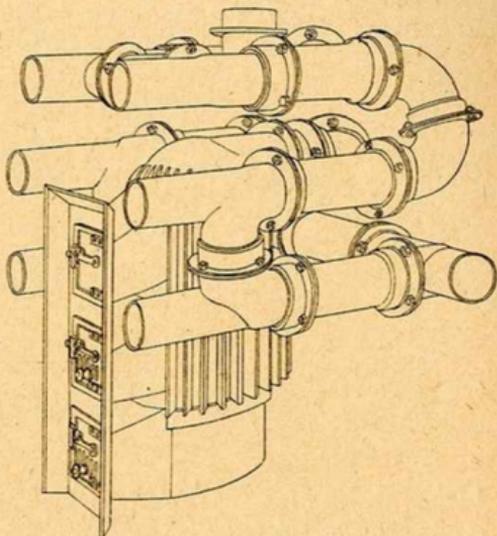


FIG. 141.

veut y mettre le client ; nous dirons seulement que ces appareils tendent de plus en plus à disparaître, et sont peu à peu remplacés par les chauffages par la vapeur et par l'eau chaude à basse pression.

CALORIFÈRES DES SPÉCIALISTES

Calorifères Grouvelle et Arquembourg. — Ces calorifères sont caractérisés par le foyer spécial et par les surfaces de chauffe à ailettes.

Le foyer est en briques réfractaires, enfermé dans une enveloppe métallique, maintenue par des tirants et des armatures. Le combustible se charge par une trémie, et la combustion se fait sur une grille inclinée. Le coke descend sur une deuxième grille inférieure horizontale, sur laquelle il achève de brûler. Le réglage de la combustion se fait par l'ouverture plus ou moins grande de la porte du cendrier.

Les surfaces de chauffe sont en fonte, à ailettes.

Dans les types n^{os} 1 à 10, ce sont des surfaces verticales, raccordées entre elles par des collecteurs horizontaux, en haut au départ du foyer,

et en bas pour le raccordement avec la cheminée. Les joints sont à emboitements et à boulons, et, pour permettre la libre dilatation de l'ensemble, tout le système de surfaces à ailettes est suspendu simplement par des chaînes, qui passent sur des poutrelles en fer I reposant sur les murs d'enveloppe (fig. 142).

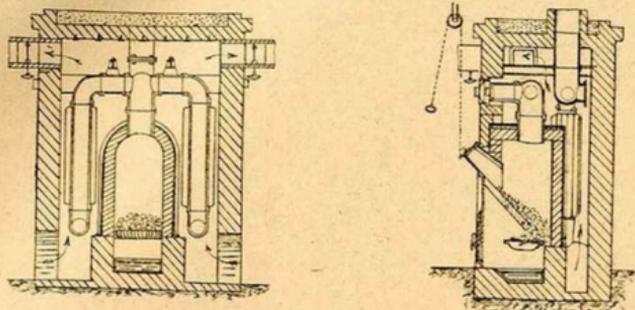


FIG. 142.

Les appareils de la série 11 à 14 ont un foyer semblable, mais les surfaces de chauffe sont disposées horizontalement, en serpentins placés à côté l'un de l'autre, et la circulation des gaz de la combustion se fait méthodiquement, en descendant du haut vers le départ de la cheminée

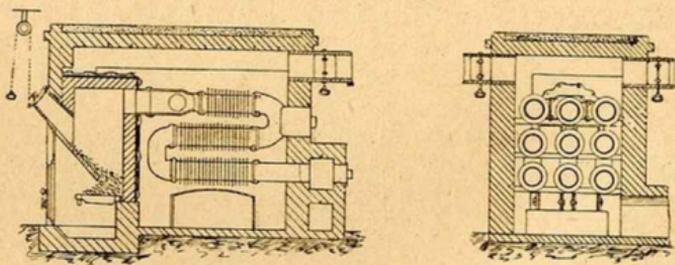


FIG. 143.

en bas, c'est-à-dire en sens inverse du mouvement ascendant de l'air chaud (fig. 143).

Le tout est enveloppé de maçonnerie de 0^m,22 d'épaisseur, avec une couche de sable sur le plafond, et des tampons de ramonage placés en façade permettent de nettoyer sans aucun démontage.

MM. Grouvelle et Arquembourg admettent, pour ces calorifères appli-

qués aux églises ou aux lieux de réunion, avec rappel d'air par une prise d'air intérieure, une puissance triple de celle des mêmes appareils appliqués aux chauffages d'édifices, avec prise d'air extérieure.

Calorifère Chaussenot. — Cet appareil (*fig. 144*), qui est un des plus anciens, est construit par la maison Hailot. Le foyer est une cloche en fonte. Les produits de la combustion s'élèvent d'abord dans un coffre placé au-dessus de la cloche, puis redescendent par une série de tubes en fonte, dans un coffre inférieur placé sous la cloche, et gagnent la cheminée par un carneau dans le sol.

L'air à chauffer s'élève, en partie autour des surfaces de chauffe, et en partie en traversant des tubes en fonte disposés au travers des coffres.

Le chauffage est ainsi absolument méthodique, les produits de la combustion circulant en sens inverse de l'air chaud.

Malheureusement cet appareil présente un grand nombre de joints, et, bien qu'ils soient pour la plupart à bain de sable, on peut craindre que leur disposition, sur des surfaces planes déformables, ne puisse conserver l'étanchéité.

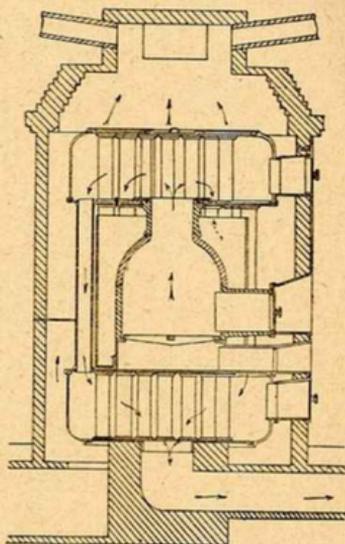


FIG. 144.

Calorifère de Diétrich. — Ce calorifère offre une circulation analogue (*fig. 145*). La combustion est produite dans un foyer en briques réfractaires, surmonté d'une calotte à ailettes. Les gaz chauds, après s'être élevés dans un coffre en fonte à ailettes, redescendent par un ou plusieurs coffres analogues, et le départ de fumée se fait par dessous.

L'air à chauffer circule en sens inverse, autour de ces coffres, et la disposition des ailettes assez longues l'empêche de s'élever à une haute température.

Le saturateur est un simple tube cylindrique en fonte, percé sur le dessus d'un certain nombre de trous permettant la sortie des buées, qui se mélangent avec l'air chaud.

On remarquera sur la figure que la position de ce saturateur n'est peut-être pas très rationnelle, et que l'air chaud qui s'élève dans le fond

du calorifère doit rester plus sec que celui qui s'élève en avant, dans le voisinage du saturateur.

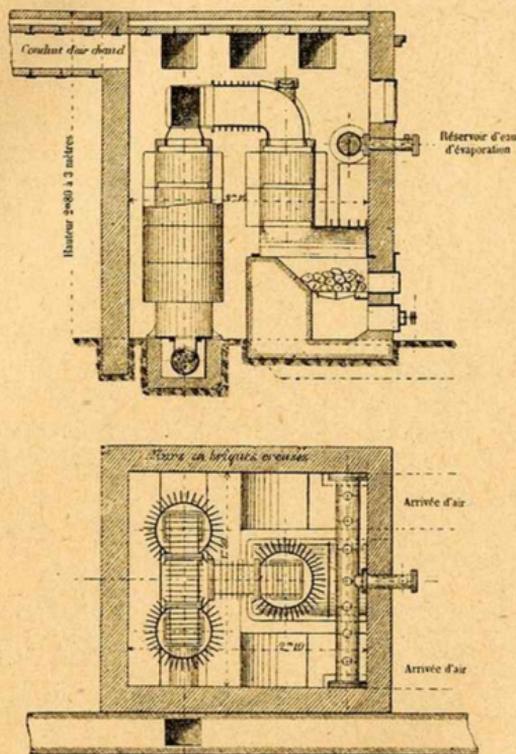


FIG. 145.

Calorifère Cuau. — Ce calorifère est entièrement en fonte; il se compose (*fig. 146*) d'un foyer et de coffres verticaux, dans lesquels la fumée descend et remonte en serpentin; il nécessite un très bon tirage, en raison des descentes successives de la fumée dans les coffres.

La caractéristique principale est que le foyer et les coffres sont munis d'ailettes creuses, qui augmentent la surface, et forment autant de colonnes verticales ascendantes d'air, chauffé modérément.

On remarque que l'espace laissé vide dans les angles de la maçonnerie est utilisé pour amener de l'air froid à la chambre de chaleur, qui devient ainsi une chambre de mélange.

Les calorifères Cuau ont joui d'une grande vogue il y a une trentaine

d'années, avant les applications des chauffages par l'eau chaude et par la vapeur.

Calorifère Goudard (fig. 147).

— Ce calorifère peut, à volonté, être à fonctionnement continu ou discontinu. Le foyer est construit en maçonnerie réfractaire et entouré d'une enveloppe métallique. La grille peut prendre à volonté, au moyen d'un levier de manœuvre, une position inclinée pour le fonctionnement continu, ou horizontale quand on veut seulement chauffer pendant une heure ou deux.

Dans le premier cas, le combustible descend par une trémie formant magasin de combustible, qui alimente automatiquement le foyer au fur et à

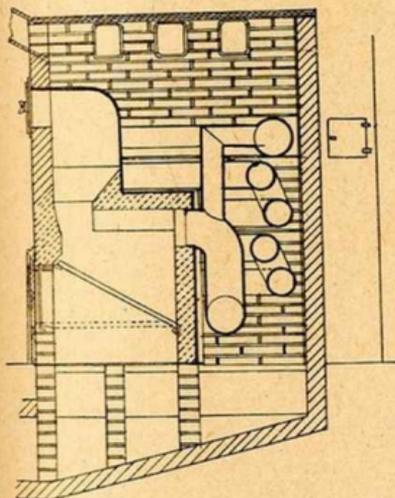


FIG. 147.

se fait par des prises d'air placées sur la porte du cendrier.

La surface de chauffe est constituée par un serpentin en tôle et n'a

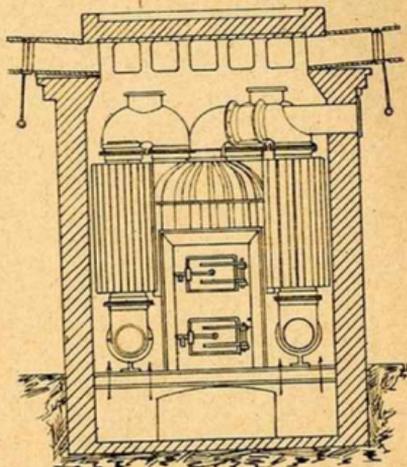


FIG. 146.

mesure de la combustion, et qui contient une réserve de charbon pour vingt-quatre heures.

La porte du magasin se ferme au moyen d'une vis de serrage; elle est étanche à joint d'amiante.

Dans le second cas, on charge par une porte de foyer placée en façade.

Le réglage de la combustion

rien de spécial. Un petit conduit formant pompe d'appel sert pour l'allumage.

Calorifères Marescot. — Les calorifères Marescot (*fig. 148*) ont un foyer en fonte, pouvant être alimenté soit à fonctionnement discontinu, en chargeant directement le combustible sur la grille, soit à fonctionnement continu, en chargeant par le magasin placé au-dessus.

Dans ce cas, le charbon descend de chaque côté du foyer, et forme

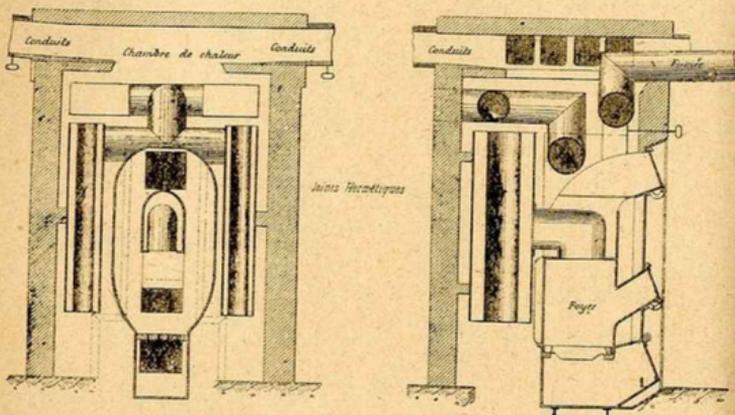


FIG. 148.

deux talus inclinés, le départ des gaz chauds se faisant au milieu. La surface de chauffe est composée de coffres en tôle, à rivure serrée, placés verticalement, et chauffant, à la fois par leur surface extérieure et par un gros tube qui les traverse, l'air s'élevant de la prise d'air vers les conduits de chaleur.

Calorifères Michel Perret. — M. Michel Perret, qui avait eu l'occasion d'appliquer les foyers à étages de M. Scheurer-Kestner à la combustion des pyrites, dans ses usines pour la fabrication de l'acide sulfurique, qui furent plus tard réunies à celles de la Compagnie de Saint-Gobain, songea, dès 1873, à appliquer ces foyers à étages à la combustion des charbons maigres en poussières. Il prit, en 1874, son premier brevet pour les foyers à étages multiples.

Les appareils Michel Perret eurent à l'origine un très grand succès.

Il existait à ce moment de grandes quantités de combustibles pauvres dont on ne savait que faire, poussières de coke dans les usines à gaz, débris de chantiers chez les marchands de charbon, fraïsil de locomotives dans

les Compagnies de chemins de fer. Les foyers à étages, qui permettaient d'utiliser directement ces charbons pauvres, comblaient vraiment une lacune, et reçurent des milliers d'applications, dans l'industrie d'abord, puis dans le chauffage des habitations.

Le poussier de coke d'usine à gaz valait à ce moment 0 fr. 40 à 0 fr. 45 l'hectolitre de 55 kilogrammes, ce qui correspondait à 7 à 8 francs la tonne, et les balayures de chantier ne se vendaient guère que 12 à 15 francs la tonne.

La grande quantité d'appareils qui furent construits pour utiliser ces combustibles, puis la rapide extension que prit la fabrication des agglomérés, briquettes, boulets, etc., l'emploi des poussières de charbon à diverses applications industrielles, telles que les briques de Vaugirard, firent bientôt augmenter les poussières de charbon.

Aujourd'hui, les poussières de coke valent 25 à 30 francs la tonne, les poussières d'antracite valent jusqu'à 35 et 40 francs la tonne, et, comme ces charbons contiennent une grande quantité de cendres, ils ne sont plus guère intéressants ; aussi les appareils spéciaux destinés à les employer ont-ils perdu rapidement leur vogue.

Le calorifère à étages, tel que le construisait à l'origine M. Michel

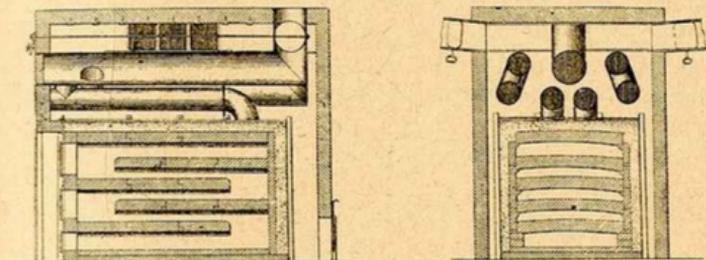


FIG. 149.

Perret, se composait de quatre ou six étages de dalles réfractaires superposées, disposées en chicanes, de manière que la circulation des gaz de la combustion se fasse de l'avant à l'arrière, et réciproquement, en montant de la partie basse à la partie haute du foyer, pour gagner la cheminée (fig. 149).

Le régime de marche du foyer étant supposé établi, voici comment se faisait un chargement. On commençait par retirer une certaine quantité de cendres de la partie basse, puis on poussait le combustible de la dernière dalle dans le cendrier, et ensuite d'une dalle sur l'autre, en ayant soin de l'étaler bien régulièrement avec un ringard, pour que les passages soient bien établis, et que l'air circule normalement à la surface du charbon. On chargeait ensuite le combustible neuf sur la dalle supé-

rière. La combustion était réglée par de petites ouvertures placées sur les portes de devant, et l'alimentation se faisait avec de l'air chaud, l'air circulant d'abord entre la façade en fonte et une double porte placée en avant, puis derrière la contre-plaque des portes de foyer; cette disposition avait un double but, d'abord éviter le rayonnement de la façade, puis ne pas refroidir le foyer. La combustion était, en effet, assez délicate, et ne se produisait qu'à la surface du combustible; elle était due au rayonnement intense des dalles réfractaires portées au rouge, et ensuite à la concentration de la chaleur dans la masse du foyer, entouré d'une épaisse couche de maçonnerie.

Cette combustion était, du reste, très lente: elle ne dépassait pas 100 kilogrammes par vingt-quatre heures pour un appareil comportant 1 mètre carré de dalle à chaque étage, et, en marche industrielle accélérée, on atteignait péniblement 200 kilogrammes. Aussi cette combustion était-elle complète, et, quand on sortait les cendres à la partie basse, elles étaient jaunes, sans traces apparentes de charbon, et même l'analyse ne retrouvait pas de carbone en proportion sensible.

L'utilisation des gaz chauds se faisait dans un serpentin en tôle à la partie supérieure du foyer, le tout étant enveloppé en briques pour former chambre de chaleur, absolument comme dans un calorifère ordinaire.

On faisait un ou deux chargements par vingt-quatre heures, mais la manœuvre en était fort pénible, en raison de la longueur des tiges de ringards, de la difficulté de charger le charbon à la pelle sur la dalle du haut, enfin du rayonnement intense par les portes de chargement.

Vers 1885, M. Michel Perret inventa le *foyer à prismes*, dit *foyer à chute libre*.

Le foyer à prismes (*fig. 150*) se composait d'une série de pièces réfrac-

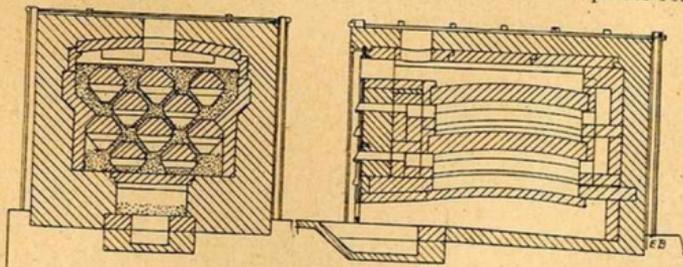


Fig. 150.

taires en forme de prismes, dont la face supérieure est très petite, et les côtés inclinés suivant le talus d'éboulement du charbon. Ces prismes étaient superposés en quinconce, de telle manière que le charbon tombe

de l'un sur l'autre, en laissant sous chacun d'eux un vide longitudinal, utilisé pour la circulation de l'air. Les prismes, légèrement arqués en forme de voûtes dans le sens de la longueur, étaient butés à l'avant et à l'arrière par des pièces réfractaires, laissant cependant des carneaux de circulation pour l'air, qui, passant de la partie inférieure avant, circulait de l'avant à l'arrière, en s'élevant successivement des prismes inférieurs aux prismes supérieurs, pour gagner la surface de chauffe, analogue à celle des foyers à étages, et placée au-dessus du foyer.

A chacun de ces carneaux sous les prismes correspondait sur la façade une petite porte, destinée à l'entrée de l'air pendant la marche, et à la manœuvre du foyer au moment des chargements.

Pour mettre en marche ce foyer une première fois, on procédait comme pour le foyer à étages ordinaires ; on le chargeait entièrement de combustible neuf ; puis sur la sole inférieure du cendrier, ou sur une grille placée à la partie basse, on faisait pendant quelques heures un feu flamboyant avec du bois. Le combustible s'allumait peu à peu, de bas en haut, et le foyer se mettait en pleine marche, son activité étant réglée par les petites ouvertures d'entrée d'air des portes, et par un registre placé sur le départ de fumée à la sortie de la surface de chauffe.

Pour faire ensuite les chargements normaux, espacés de douze, vingt-quatre ou trente-six heures, on procédait comme suit.

Par la porte du cendrier on retirait une certaine quantité de cendres ; puis, passant successivement une petite raclette dans chacune des portes, on grattait légèrement la surface des talus d'éboulement entre chacun des prismes, et le combustible descendait seul d'un rang sur l'autre. Il suffisait alors de charger avec du combustible neuf sur le rang supérieur des prismes, par la porte spécialement réservée à cet usage.

Cet appareil présentait plusieurs inconvénients. Au point de vue du fonctionnement, la chute du combustible n'était pas toujours régulière : le charbon placé à la surface restait toujours à la surface, du haut en bas, à la suite des chutes successives, et souvent on retrouvait dans le cendrier des quantités relativement importantes de combustible non brûlé. Avec un chauffeur inexpérimenté, ou pas consciencieux, l'appareil finissait par s'encombrer de cendres, et c'était alors un travail très important et très pénible pour enlever les cendres incandescentes et remplir ensuite l'appareil de charbon neuf. Enfin, les pièces réfractaires, malgré leur construction en voûtes, étaient très fragiles, et, quand l'une d'elles se cassait, le fonctionnement s'arrêtait, et il fallait démolir complètement le foyer et casser toutes les autres pièces pour faire la réparation, qui devenait, par suite, très coûteuse.

Aussi le foyer à prismes Michel Perret eut-il peu de succès, et les quelques appareils qui furent installés chez des clients donnèrent-ils

beaucoup d'ennuis à l'inventeur et aux constructeurs concessionnaires de ses brevets.

Vers 1887, M. Michel Perret fit breveter une nouvelle disposition de son foyer à étages, qui consiste à faire des trous circulaires dans les dalles, en les disposant en quinconce d'une dalle à l'autre, de manière à permettre au combustible de descendre librement, comme dans le foyer à prismes.

Le combustible se forme en cônes successifs, et, la circulation de l'air se faisant entre les dalles, de l'arrière à l'avant et réciproquement, la combustion se produit à la surface des cônes. Il en résulte une plus grande surface de combustion pour chaque étage, qui a permis de diminuer l'importance des appareils et le nombre des étages successifs. Il en résulte

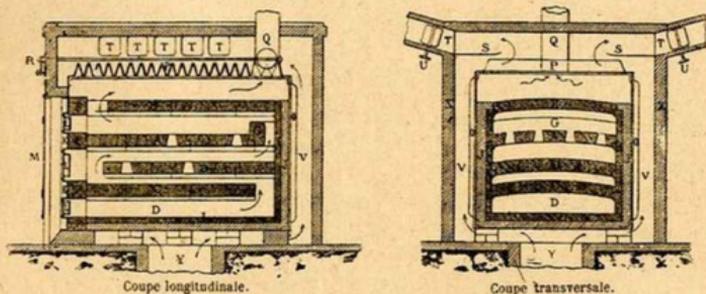


FIG. 151.

encore une concentration de chaleur plus intense, grâce à laquelle on a pu réduire l'épaisseur des parois et placer l'appareil dans une enveloppe en tôle, qui forme elle-même surface de chauffe (fig. 151).

Cette enveloppe métallique, du reste, n'est pas particulière au foyer à dalles perforées. Avec l'ancien foyer à étages, M. Robin, d'abord, croyons-nous, puis M. Michel Perret, et, successivement, tous les constructeurs, avaient, dès 1886 ou 1887, adopté l'enveloppe métallique pour assurer l'étanchéité des parois et utiliser leur chaleur de rayonnement.

M. Perret et ses successeurs, ayant réalisé l'étanchéité de l'enveloppe, réalisèrent aussi celle de la surface de chauffe en remplaçant les tuyauteries en tôle précédemment utilisées par une couverture ondulée en fonte, assemblée avec l'enveloppe métallique.

Le calorifère à dalles perforées, ainsi construit, réalise évidemment un grand perfectionnement au point de vue de la manœuvre du foyer, qui est moins pénible que celle des anciens calorifères à étages. Cette manœuvre est néanmoins encore assez délicate, si on ne veut pas faire tomber dans le cendrier, par une manœuvre un peu trop brusque, du

combustible non brûlé, et, à ce sujet, nous pouvons dire, comme pour le foyer à prismes, que la combustion est moins parfaite que dans l'ancien foyer à dalles pleines.

Un des inconvénients les plus graves de tous les appareils successifs inventés par M. Michel Perret est la difficulté et la dépense d'allumage, qui va de 15 à 25 francs de bois à chaque mise en route. Il en résulte qu'on doit forcément éviter de laisser l'appareil s'éteindre, et qu'on est obligé de le faire fonctionner, en marche plus ou moins active, depuis le commencement de l'hiver jusqu'à la fin. Pendant les saisons moyennes, quand toutes les bouches de chaleur sont fermées une partie de la journée la chaleur se concentre dans le foyer et dans les conduites d'air chaud, placées dans les murs, et devient parfois si insupportable, malgré l'allure extrêmement réduite de la combustion, qu'on est obligé de prévoir un conduit d'échappement d'air chaud à l'extérieur.

Si on a un hiver très doux, la perte de chaleur continue par ce conduit d'échappement, pendant les périodes modérées, compense largement les économies faites pendant la saison froide, et, l'augmentation du prix des charbons en poussière étant maintenant assez sensible, le chauffage par ces appareils finit par devenir aussi coûteux qu'avec les autres systèmes.

Calorifère à étages Galli (*fig. 152*). — M. Galli a imaginé de com-

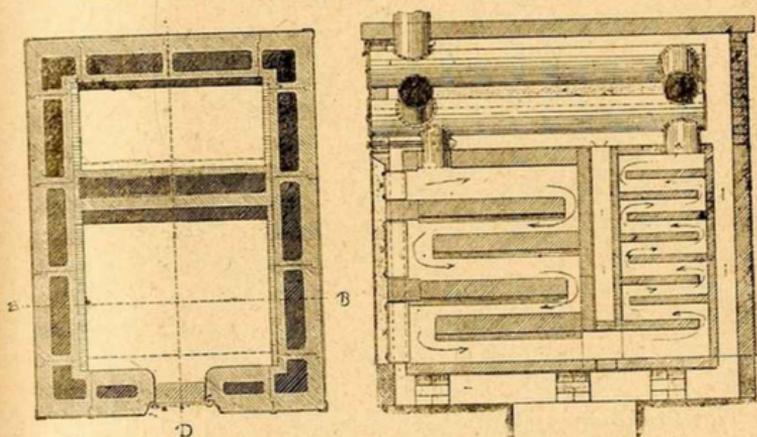


FIG. 152.

pléter les calorifères à étages genre Michel Perret par des enveloppes réfractaires creuses, formant conduits d'air chaud, et, par une inversion de la circulation des gaz de la combustion, il les fait circuler entre les

dalles de haut en bas, inversement de la marche ordinaire dans le foyer à étages Michel Perret, et remonter ensuite dans une série d'étages en terre réfractaire formant réservoir de chaleur, avant d'arriver à la surface de chauffe métallique. Une pompe d'appel, raccordée à l'avant directement sur cette surface de chauffe, facilite l'allumage.

Cette disposition donne évidemment une très grande régularité de chauffage, une transmission de chaleur très douce par les parois réfractaires et par la surface de chauffe, qui ne reçoit plus que des gaz refroidis. Mais, sous un climat aussi doux que le nôtre, cette régularité est plutôt un défaut, et exagère encore la critique que nous faisons plus haut de ces appareils, qui produisent une chaleur insupportable pendant les périodes modérées de l'hiver.

Calorifères Robi-Bang. — Ces calorifères ont été étudiés spécialement pour brûler les combustibles menus, M. Albert Robin, ancien ingénieur de M. Michel Perret, s'étant toujours spécialisé dans les appareils destinés à utiliser les combustibles pulvérulents et peu coûteux.

La figure 153 représente un type de calorifère spécialement applicable

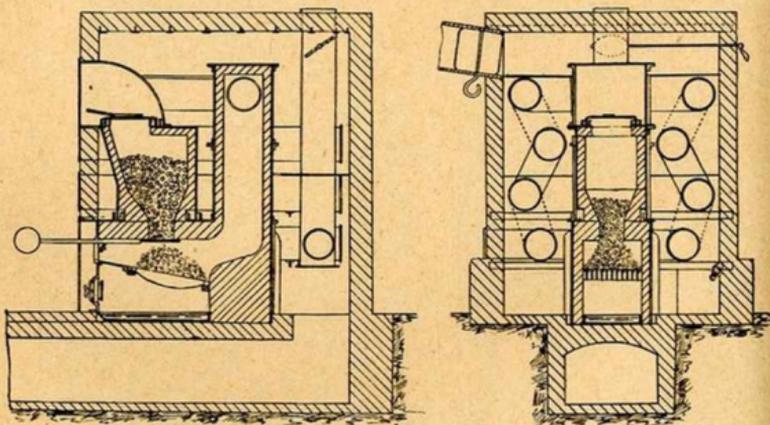


FIG. 153.

à l'usage des combustibles maigres, grésillons de coke, anthracites en petits morceaux, charbons maigres ordinaires, etc.

Ce combustible est emmagasiné dans une trémie, fermée par un couvercle à bain de sable, et qui constitue une réserve pour douze à vingt-quatre heures. Il descend librement, et se forme en cône suivant le talus d'éboulement naturel du charbon, sur une grille légèrement inclinée. La

combustion, favorisée par la chaleur intense que produit le rayonnement de la masse réfractaire du foyer sur le cône, est réglée par des ouvertures, munies de tourniquets de réglage, réservées dans la porte du cendrier. Enfin, comme cette chaleur fondrait rapidement les foyers de la grille, ceux-ci sont rafraîchis par l'évaporation d'une certaine quantité d'eau maintenue dans le fond du cendrier. La surface de chauffe en tôle ne présente aucune particularité spéciale.

Mais une disposition très intéressante consiste en un obturateur, qui se coulisse entre la trémie du magasin et la grille, et qui, maintenu appliqué par un contrepoids suffisant, empêche l'écoulement du combustible du magasin pendant l'opération du dégrassage de la grille.

Ce calorifère peut fonctionner en marche discontinue, si on le désire, en chargeant directement le charbon sur la grille sans remplir le magasin.

Dans une autre disposition, MM. Robin-Bang ont essayé de brûler des combustibles gras et demi-gras en menus, en alimentant avec un magasin de combustible, comme ils l'avaient fait dans le cas précédent pour les

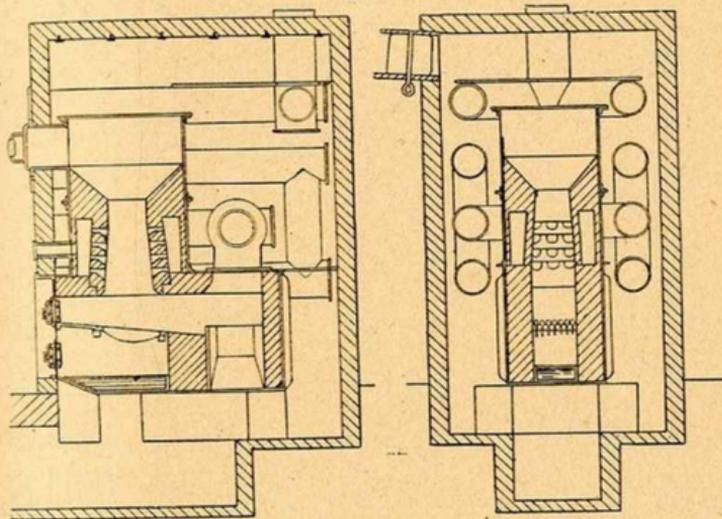


FIG. 154.

combustibles maigres. Le problème est plus difficile, et l'appareil donne un résultat moins complet et peut-être moins satisfaisant. Le foyer est du type gazogène (fig. 154), et la combustion se fait en deux phases successives.

La trémie de descente, en terre réfractaire, est munie sur deux faces de petits carneaux, par lesquels passe l'air, qui entre par une porte en façade, et s'échauffe au préalable autour de ce premier foyer, avant de

traverser la masse du combustible. En ce point le charbon distille plutôt qu'il ne brûle, et la combustion du coke, qui résulte de la distillation, se produit à la partie basse, sur la grille, en même temps que s'achève la combustion des produits de la distillation, au contact du coke incandescent.

Le foyer de cet appareil est assez fragile; les carreaux s'encombre quelquefois de mâchefer, et il peut se produire des explosions de gaz assez inquiétantes, au moment où l'on ouvre le magasin de combustible pour le recharger avec du combustible neuf.

Calorifère Drevet et Lebigre frères. — MM. Drevet et Lebigre frères, qui furent aussi les collaborateurs de M. Michel Perret, puis de M. Robin, construisent un calorifère à feu continu ou intermittent à volonté (fig. 155), destiné aux combustibles maigres, grésillon de coke, d'antracite et de charbons maigres.

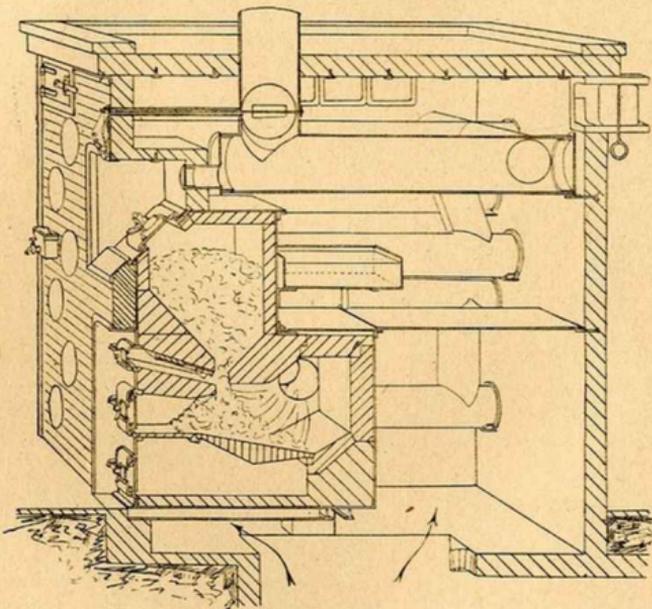


FIG. 155.

Comme dans le foyer Robin-Bang, le combustible descend sur la grille par une trémie rétrécie à la partie basse; mais la combustion commence avant d'arriver sur la grille, justement dans cette partie rétrécie, où se fait une arrivée d'air, réglable par une coulisse sur la porte spéciale. C'est

aussi en ce point que glisse la coulisse obturatrice de la trémie pendant les décrassages. La combustion se continue ensuite sur la grille, et des entrées d'air réglables sur les portes de la grille et du cendrier permettent de régler l'allure du feu.

La chaleur est moins intense sur la grille que dans les calorifères Robin-Bang, parce que la combustion, ou plutôt la distillation, se produit avant l'arrivée à la grille, sur laquelle n'arrive plus que du coke, qui achève de s'y consumer.

Calorifère Bourdon. — Le calorifère isotherme Ch. Bourdon (fig. 156) se compose d'un foyer à combustion continue, garni intérieurement de terre réfractaire, et assemblé à bain de sable. La grille inclinée est mobile et bascule au moyen d'un levier, pour permettre les décrassages. La

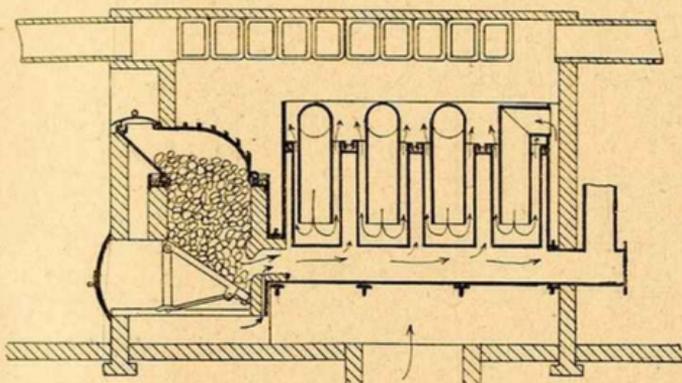


FIG. 156.

combustion est réglée par une prise d'air à l'avant, et, pour achever la combustion de l'oxyde de carbone, une tuyère prend l'air dans le cendrier et l'injecte dans le carneau de départ des gaz de la combustion.

La surface de chauffe se compose d'un grand coffre en tôle, dont la partie supérieure est fermée par une plaque de fonte à bain de sable, dans laquelle plongent des doubles tubes en fonte et en tôle, établis sur le même principe que les tubes Field.

L'air, arrivant par la prise d'air sous le coffre, s'échauffe d'abord au contact du fond et des parois verticales, puis, arrêté par des chicanes en tôle, est obligé de redescendre dans les tubes plongeants, et de remonter ensuite entre ces tubes, où il est soumis à l'action très vive du chauffage.

Cet appareil donne de très bons résultats au point de vue de la régularité ; on lui reproche d'être très coûteux, parce que la plus grande partie des tubes plongeants ne sert qu'à canaliser l'air et ne contribue pas au

chauffage. De plus, les tubes p'ongeants, en contact avec les gaz très chauds d'un côté, et l'air très, chaud de l'autre, s'usent rapidement, et ont besoin d'être remplacés fréquemment. Dès qu'ils sont usés, les gaz de la combustion peuvent en effet se mélanger à l'air dans la chambre de chaleur.

Calorifère Besson (fig. 157). — Le calorifère tubulaire Besson est basé sur un principe identique à celui des poêles de ce constructeur.

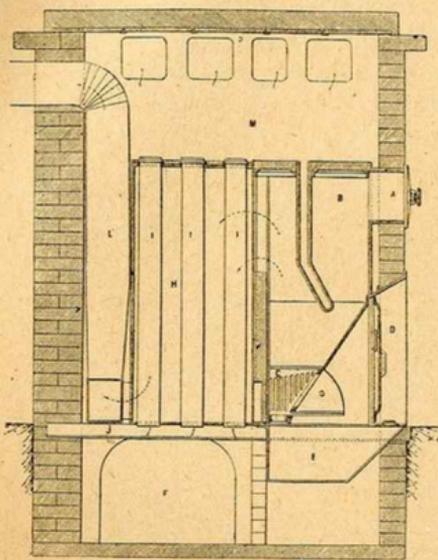


FIG. 157.

Le foyer est métallique et comprend :

Une trémie de chargement B, fermée par une porte A à joint en amiante et vis de serrage, assurant l'étanchéité;

Une grille inclinée C, disposée sur trois faces à la partie basse, avec une petite partie horizontale en dessous;

Une porte D, pour la visite du foyer, portant une ou plusieurs ouvertures réglables pour l'arrivée de l'air nécessaire à la combustion;

Un cendrier E, dans lequel on maintient de l'eau, et qui est fermé à l'avant par un tampon;

Un coffre H, dans lequel circulent les produits de la combustion, de haut en bas, pour gagner la cheminée L, pendant que l'air frais, arrivant en dessous par la prise d'air F, circule en sens inverse, c'est-à-dire de bas en haut dans les tubes I, pour gagner la chambre de chaleur M et les conduits de distribution d'air chaud.

Tout l'appareil est placé dans une enveloppe en maçonnerie de briques.

Les tubes reposent à la partie supérieure dans un bain de sable, et sont démontables pour permettre les ramonages. L'ensemble donne de bons résultats, avec des combustibles maigres, anthracite, coke, etc., et principalement dans les grands locaux, comme les églises, où on s'attache surtout à une marche régulière et constante, sans périodes de grande activité, que l'appareil ne pourrait produire.

Calorifère Musgrave (*fig. 158*). — Toutes les dispositions du Musgrave que nous avons précédemment décrites sont applicables aux calorifères. En réalité, les calorifères Musgrave ne sont pas autre chose que les poêles, placés dans une enveloppe de maçonnerie, et chauffant par circulation d'air chaud à leur contact, au lieu de chauffer par rayonnement.

Des dispositions analogues existent, du reste, avec la plupart des poêles que nous avons précédemment décrits, et dont la disposition est sans intérêt pour notre étude.

CALORIFÈRES EN MAÇONNERIE

Les inconvénients des calorifères à air chaud, principalement ceux relatifs à la haute température qu'ils donnent à l'air, à la décomposition des matières organiques qui en résulte, et aux infiltrations d'acide carbonique et d'oxyde de carbone par les joints défectueux et les fissures des foyers et des surfaces de chauffe, ont depuis fort longtemps poussé les constructeurs à rechercher des calorifères tout en maçonnerie.

Ces appareils donnent une chaleur beaucoup plus douce, en effet, mais ils sont compliqués, encombrants, coûteux, et les quelques essais qu'on en a faits il y a vingt-cinq à trente ans n'ont guère été couronnés de succès.

Aussi les a-t-on à peu près abandonnés, et nous ne les donnons qu'à titre de curiosité.

Calorifères Piet-Bellan. — Ces appareils étaient entièrement en terre réfractaire (*fig. 159*), et les pièces qui les constituaient étaient composées de carnaux pour la circulation des produits de la combustion, qui se faisait horizontalement de haut en bas, pour gagner la cheminée placée à la partie inférieure, pendant que l'air s'élevait de la prise d'air à la chambre de chaleur en traversant des carnaux verticaux.

Le chauffage était ainsi parfaitement régulier et méthodique. Mais il était nécessaire d'avoir des parois assez minces pour que la transmission se fasse assez rapidement, malgré le faible coefficient de transmission

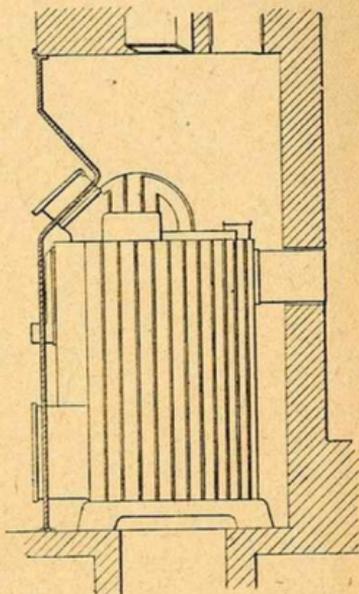


FIG. 158.

de la terre réfractaire. Il en résultait une excessive fragilité de ces pièces réfractaires, qui donnait lieu à de fréquentes et coûteuses réparations.

Nous croyons que ces calorifères sont abandonnés maintenant.

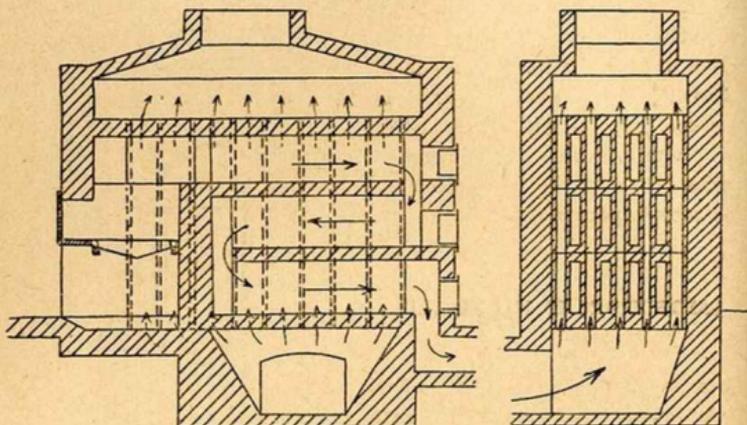


FIG. 159.

Calorifère Geneste et Herscher. — Cet appareil, qui se construisait à peu près à la même époque, est basé absolument sur le même principe, mais il était construit uniquement en briques réfractaires, et, pour assurer l'étanchéité, les carnaux verticaux destinés à la circulation de l'air chaud étaient en tôle, noyée dans la maçonnerie (fig. 160).

De même que le calorifère Piet-Bellan, cet appareil est aujourd'hui à peu près abandonné.

Foyer Godillot. — Pour compléter cette description des calorifères à air chaud, nous dirons encore un mot du foyer Godillot (fig. 161), qui a été souvent appliqué aux calorifères à air chaud pour brûler certains combustibles spéciaux, copeaux, sciures de bois, déchets de bois des fabriques d'extraits, tannée, déchets de chanvre, ramie, poussières de charbon, coke, anthracite, lignites, tourbes, etc.

Le foyer se compose d'une grille en fonte, demi-circulaire, formée de barreaux superposés en tronc de cône, suivant le talus d'inclinaison naturel de la matière à brûler.

Le combustible est chargé au-dessus de la grille, dans une trémie de grande capacité, qui le laisse descendre librement, au fur et à mesure de la combustion.

La grille est placée dans une enveloppe en maçonnerie, le dessous étant entièrement libre pour l'arrivée de l'air, et le dessus étant formé par

une voûte, dont le rayonnement intense assure la combustion des matières les moins riches en carbone.

Ce foyer peut être adapté à n'importe quel type de calorifère, et, quand il est bien approprié au combustible à employer, il donne les meilleurs résultats.

Industriellement, il a été appliqué

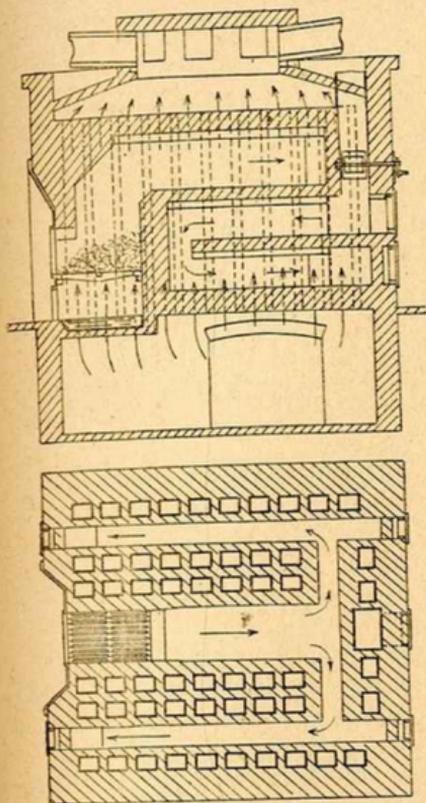


FIG. 160.

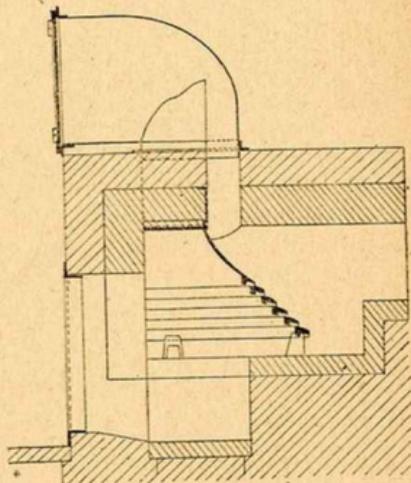


FIG. 161.

à toutes sortes de foyers de chaudières à vapeur, avec beaucoup de succès.

Pour l'application aux calorifères à air chaud, il convient surtout dans les usines, pour les séchoirs et étuves, quand on dispose d'un des combustibles ci-dessus comme résidu de fabrication.



CHAPITRE XII

THÉORIE DU CHAUFFAGE PAR LA VAPEUR A BASSE PRESSION

Le chauffage par la vapeur à basse pression semble avoir reçu les premières applications aux États-Unis, longtemps avant d'avoir été employé en Europe. Il fut probablement importé tout d'abord en Allemagne, soit par les agences de maisons américaines dans ce pays, soit par les représentants de maisons allemandes en Amérique.

Modifié, transformé, perfectionné, le chauffage par la vapeur à basse pression est devenu maintenant un véritable chauffage domestique, applicable aux petits immeubles aussi facilement qu'aux grands édifices, ne nécessitant aucun soin particulier, ni aucune main-d'œuvre spéciale.

On divise en trois méthodes principales les systèmes de chauffage par la vapeur à basse pression actuellement employés en France :

1° Le *chauffage en cycle fermé*, dit *américain à un seul tuyau*, qui fonctionne avec une seule tuyauterie pour la distribution de la vapeur et le retour de l'eau de condensation, avec une pression de marche de 300 à 500 grammes ;

2° Le *chauffage en cycle fermé à deux tuyauteries*, l'une pour la distribution de la vapeur, l'autre pour le retour de l'eau de condensation. Ce chauffage, appelé aussi *chauffage américain*, fonctionne avec une pression de vapeur de 300 à 500 grammes ;

3° Enfin le *chauffage en cycle ouvert*, dit *réglable*, qui fonctionne avec deux tuyauteries et des robinets à double réglage, avec une pression de vapeur de 50 à 300 grammes.

PRINCIPES DU CHAUFFAGE A VAPEUR A BASSE PRESSION

I. — CHAUFFAGE EN CYCLE FERMÉ, DIT CHAUFFAGE AMÉRICAIN

Considérons (*fig. 162*) une chaudière à vapeur A, munie d'une soupape de sûreté S, et raccordée par son dôme de vapeur et sa partie inférieure

avec une tuyauterie BCDEF, de très grandes dimensions pour qu'elle puisse supposer nulles les pertes de charge, et enveloppée d'un enduit calorifuge supposé capable de supprimer complètement les refroidissements et les condensations de vapeur dans le parcours.

Cette tuyauterie est munie d'un robinet d'arrêt B et d'un robinet d'air G. Le foyer de la chaudière n'étant pas allumé, et les deux robinets B et G étant ouverts, le système est en équilibre hydrostatique, et le niveau de l'eau dans la chaudière et dans la tuyauterie est sur un même plan horizontal, représenté par la ligne xx .

Fermons le robinet B et allumons le foyer de la chaudière. A mesure que la vapeur se produit, la pression s'établit dans la chaudière et augmente peu à peu, jusqu'à la limite permise par la soupape de sûreté. En même temps, le niveau de l'eau s'abaisse dans la chaudière jusqu'en x' , et s'élève dans le tuyau ED jusqu'en x'' : la hauteur entre x' et x'' représente la pression P de la vapeur dans la chaudière.

Si nous ouvrons maintenant le robinet B, la vapeur circule dans la tuyauterie BCDE, chassant devant elle l'air, qui s'échappe par le robinet d'air G. La vitesse de circulation est proportionnelle au diamètre du tuyau, à la quantité des coudes et à leur forme, en un mot aux résistances à la circulation. Dans le cas actuel, nous avons, du reste, supposé que ces résistances étaient nulles.

Quand tout l'air qui était contenu dans le système est évacué, et que la vapeur commence à sortir par le robinet d'air G, fermons ce robinet.

Un autre état d'équilibre s'établit dans la chaudière et la tuyauterie, suivant la ligne horizontale $x''x'''$ (fig. 162), un peu au-dessous de xx , puisqu'une certaine quantité d'eau a été vaporisée, et que la vapeur qui en résulte remplit la tuyauterie.

Il n'y a alors plus de circulation de vapeur dans la tuyauterie, puisque le système est en équilibre, et la tuyauterie BCDEF peut être considérée comme un prolongement de la chaudière.

Supposons maintenant qu'une partie de la tuyauterie n'est pas recouverte de calorifuge, ou mieux qu'on a raccordé un radiateur R, placé dans l'atmosphère, à une température assez basse pour condenser la vapeur contenue à l'intérieur (fig. 163).

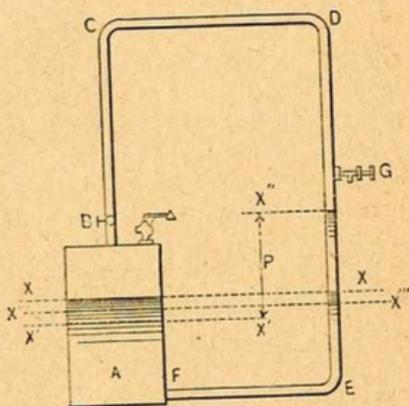


FIG. 162.

Immédiatement un vide partiel est produit par la condensation de la vapeur dans le radiateur, et ce vide produit un appel, qui crée une circulation de vapeur dans la tuyauterie BCR.

La vitesse de cette circulation correspond à la différence de pression entre la vapeur dans la chaudière et dans le radiateur, diminuée par les frottements et les résistances dans la tuyauterie.

L'équilibre est maintenant détruit.

En réalité, la vapeur circulera de B à R avec une vitesse tendant à égaliser les pressions; mais, si la distance BCR est plus grande que la distance RD, ou si les résistances sont plus grandes dans la première que dans la seconde, le niveau de l'eau montera dans le tuyau DE jusqu'à une x'' .

Tant qu'il y aura une circulation de vapeur, il sera à peu près impos-

sible de maintenir une pression équivalente dans la chaudière, la tuyauterie et le radiateur: la pression dans le radiateur diminuera toujours proportionnellement à la condensation.

Il peut être possible, cependant, qu'à un moment donné la vitesse de circulation de la vapeur soit assez grande pour équilibrer de nouveau la pression de vapeur dans tout le système et déterminer un niveau tel que $x''x'''$.

Il suffit pour cela que l'appel ou vide m , qui résulte de la condensation de la vapeur dans le radiateur, diminué des résistances r dans le tuyau BCR, soit équivalent à l'appel m' , qui résulte de la vaporisation dans la chaudière, augmenté de la pression p , représentée par la colonne d'eau xx' , et diminué des résistances r' dans la tuyauterie RDEF.

L'équation d'un tel état d'équilibre est donnée par la formule:

$$m - (r + r') = m' + p,$$

$$m - m' = p + r + r'.$$

Pour un niveau horizontal $x''x'''$, il faut que:

$$p = 0,$$

et alors:

$$m - m' = r + r'.$$

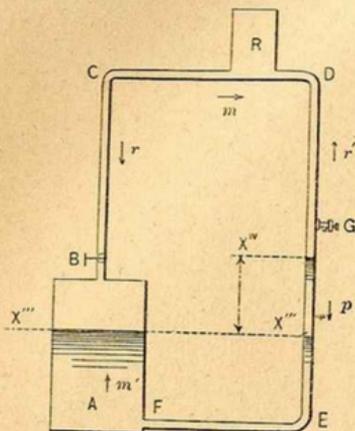


FIG. 163.

Le but des régulateurs de pression est de produire un tel état d'équilibre, mais c'est là un travail excessivement délicat, et que les régulateurs sont presque toujours incapables de produire exactement.

Il en résulte qu'il arrive très rarement que $p = 0$, et que, le plus souvent, les niveaux respectifs de l'eau dans la chaudière et dans le tuyau de retour ne sont pas placés sur une ligne horizontale, mais suivant les niveaux $x^m x^v$ du schéma précédent (fig. 163).

Si le point x^v arrive au-dessus du raccordement d'un radiateur, ce radiateur chauffe mal, se remplit d'eau en tout ou en partie, et c'est une des causes des bruits et des chocs, si violents et si désagréables, qui se produisent souvent dans les tuyauteries des systèmes de chauffage par la vapeur à basse pression en cycle fermé.

C'est aussi pour éviter en partie cet inconvénient qu'on fait fonctionner ces systèmes à une pression d'au moins 500 grammes, et quelquefois davantage.

Quelques constructeurs placent un clapet de retenue au point F, au raccordement de la tuyauterie de retour et de la chaudière.

Avec cette disposition l'eau de la chaudière ne peut pas être refoulée dans la tuyauterie FED. Il y a alors une circulation de vapeur dans la tuyauterie BCD, et, si les diamètres sont convenablement établis, l'eau de condensation revient à la chaudière par la tuyauterie DEF.

La résistance r' est augmentée de celle produite par le clapet, et, pour que l'eau puisse revenir à la chaudière, il faut que p soit un peu plus grand ou au moins égal à $(m - m') - (r + r')$.

L'équation de ce système est donc :

$$p \geq (m - m') - (r + r').$$

On peut dire alors que le poids de la colonne d'eau équilibre les résistances à la circulation de la vapeur dans les tuyauteries, ou qu'il est la mesure de ces résistances, puisque nous avons admis théoriquement que toute la vapeur produite par la chaleur était condensée seulement dans le radiateur, les tuyauteries étant supposées recouvertes d'un calorifuge idéal qui évite toute condensation (ce calorifuge idéal, du reste, n'existe pas pratiquement).

C'est pour cette raison qu'on donne le nom de *système de chauffage par gravité* au chauffage par la vapeur en cycle fermé, avec retour direct des eaux de condensation à la chaudière.

Inconvénients du système de chauffage par la vapeur en cycle fermé. — On comprend facilement que, plus grandes sont les résistances $r + r'$, et plus grande doit être la hauteur de la colonne d'eau p .

Par conséquent, dans un tel système, il est nécessaire de faire tous ses efforts pour réduire au minimum les résistances dans les tuyauteries de circulation.

De là un des premiers défauts de *ce système, qui nécessite de grosses tuyauteries.*

Un second défaut résulte du fait que la pression de vapeur existe dans tous les appareils, chaudière, radiateur, tuyauteries de vapeur et de retour.

Si on ferme le robinet de vapeur alimentant un radiateur (dans le système à deux tuyaux), ce radiateur se remplit d'eau aussitôt, même si l'appareil est muni d'un purgeur d'air automatique. En effet, la pression de vapeur doit être plus grande que la pression atmosphérique, et l'eau de retour, et même celle de la chaudière, est refoulée dans le radiateur.

Il faut, à tout prix, éviter ce retour d'eau, car, d'une part, on risquerait de voir la chaudière se vider et être détruite par un coup de feu, et, d'autre part, quand par la suite on ouvrirait le robinet du radiateur, il se produirait des bruits violents et très désagréables, jusqu'au moment où toute l'eau serait refoulée du radiateur dans la tuyauterie, et le régime normal de fonctionnement rétabli.

Pour éviter ce défaut, excessivement important, il est indispensable de placer un robinet d'arrêt sur le radiateur, du côté du retour d'eau de condensation.

Quand on veut faire cesser le chauffage d'un radiateur, on doit alors fermer, d'abord, le robinet placé sur la conduite d'eau, et, ensuite, celui placé sur la conduite de vapeur.

Ceci est une sujétion intolérable, et, si on oublie l'un de ces robinets, ou si on ferme le robinet de vapeur avant celui d'eau condensée, on retombe dans le défaut du système.

Certains constructeurs remplacent par un clapet de retenue le robinet placé sur le tuyau de retour. Cette disposition est théoriquement meilleure, mais on doit tenir compte que les clapets ne ferment presque jamais hermétiquement, surtout à la longue, quand le rodage de leurs surfaces est en mauvais état, et que souvent ils se collent sur leurs sièges et cessent de fonctionner.

Dans un cas comme dans l'autre, il faut faire venir des ouvriers pour une réparation, cause d'ennui et de dépense.

D'autres constructeurs emploient un robinet unique à deux ouvertures, raccordées l'une à l'entrée de vapeur, l'autre au retour d'eau condensée, de manière à fermer les deux en même temps (système Mignot). C'est certainement une disposition meilleure, surtout si on la complète par un dispositif d'entrée d'air, comme nous le verrons plus loin.

Mais il est bien certain que le système de chauffage par un seul tuyau,

servant à la fois pour l'entrée de vapeur et pour l'évacuation d'eau condensée, supprime ce défaut, puisqu'il n'y a qu'un seul robinet à manœuvrer.

Aussi le système de chauffage par la vapeur en cycle fermé, presque uniquement employé aux États-Unis et en Angleterre, a-t-il peu de partisans sur le continent d'Europe, et les constructeurs européens qui l'installent emploient-ils de préférence la disposition à une seule tuyauterie.

Il est facile de comprendre, du reste, que les deux robinets, ou le robinet unique, doivent être entièrement ouverts ou fermés, sans aucune position intermédiaire, c'est-à-dire sans réglage possible du chauffage du radiateur. En effet, une position intermédiaire aurait pour résultat de produire une détente, c'est-à-dire une réduction de pression dans le radiateur, qui s'emplitrait partiellement d'eau. C'est là un troisième défaut, et non des moindres, de ce système, qui ne peut chauffer qu'à son maximum de puissance, ou ne pas chauffer du tout.

La disposition de deux robinets sur chaque radiateur, ou d'un robinet et d'un clapet, ou d'un seul robinet si le système est à une tuyauterie, nécessite l'emploi d'un robinet d'air automatique sur chaque radiateur. En effet, quand le radiateur est isolé du circuit par la fermeture des robinets, la vapeur qu'il contient continue à se condenser, et le vide tend à se produire dans l'appareil. Si on ne laisse pas entrer l'air, la pression atmosphérique s'exerce sur tous les joints, joints vissés, presse-étoupe de robinets, etc., et tend à en détruire très rapidement l'étanchéité.

Les robinets d'air automatiques, qui se ferment à l'arrivée de la vapeur et s'ouvrent quand celle-ci est condensée, évitent cet inconvénient, mais ils constituent eux-mêmes un des défauts les plus graves.

Quand ils sont en parfait état de fonctionnement, ce qui est rare, ils laissent échapper du radiateur, à chaque remise en marche, un air chargé d'humidité, ayant l'odeur excessivement désagréable de lessive, et transforment l'atmosphère des pièces chauffées en une atmosphère de buanderie peu désirable.

Quand ils sont déréglés, ils laissent toujours suinter une légère buée et une goutte d'eau, qui, peu à peu, mouille et tache les parquets ou les tapis. Ce cas est tellement habituel que les constructeurs américains de ces appareils les vendent, avec des *recueille-gouttes*, petits récipients destinés à recevoir et contenir ces suintements, qui s'évaporent peu à peu dans les pièces chauffées, avec la désagréable odeur dont nous parlions ci-dessus.

Les purgeurs d'air, quatrième défaut, et le plus important peut-être du système en cycle fermé, sont une des causes principales de son peu de succès en France et sur le continent européen.

Ajoutons que la petite quantité de vapeur restée dans le radiateur après

la fermeture des robinets s'y condense, et laisse à la partie inférieure un certain volume d'eau, qui se refroidit, et donne naissance à un bruit de barbotage, et souvent à des claquements, à chaque mise en service nouvelle du radiateur, jusqu'à ce qu'elle se soit écoulée dans la tuyauterie de retour.

Nous voyons donc que le système de chauffage par la vapeur à basse pression, fonctionnant par gravité et en cycle fermé, présente de nombreux inconvénients, ou tout au moins de grosses difficultés d'installations. La science de l'ingénieur arrive souvent à en surmonter une grande partie, mais cette science elle-même est à la merci de l'ouvrier qui exécute le travail, et qui souvent, soit par négligence, soit par incapacité, soit par suite de difficultés d'exécution inhérentes au bâtiment lui-même, met en défaut tout le travail d'étude de l'ingénieur, et annihile tous les efforts qu'il a faits pour exécuter une installation dans des conditions aussi bonnes que le permet le système.

Nous devons dire encore que ce système en cycle fermé met en France les chaudières sous le contrôle et la surveillance des ingénieurs des mines, comme le sont les chaudières à vapeur à haute pression. Or si, dans notre pays, nous subissons les ennuis du contrôle des agents de l'État dans nos usines, déclaration au Préfet, timbrage de la chaudière, visites périodiques du contrôleur des mines, timbrage nouveau de la chaudière tous les dix ans, ces formalités nous répugnent dans l'intimité de notre *home*, et nous recherchons volontiers les systèmes qui nous mettent à l'abri de cette inquisition et des dépenses auxquelles elle nous entraîne. C'est, entre autres, une des raisons de l'adoption presque générale, ou tout au moins sur une vaste échelle, du système en cycle ouvert, qui échappe à ce contrôle.

Nous verrons plus loin les détails d'exécution de ce système en cycle fermé, préférant mettre de suite en opposition avec lui la théorie du système en cycle ouvert.

II. — CHAUFFAGE EN CYCLE OUVERT, DIT MÉTHODE FRANÇAISE

Nous verrons, dans le chapitre suivant, qu'il est peut-être injuste de donner à cette méthode de chauffage le nom de méthode française, que l'Américain Tudor en revendique à juste titre la paternité, et qu'elle a probablement été appliquée en Allemagne avant d'avoir été introduite et généralisée en France.

Quelles sont donc les différences principales entre cette méthode et la précédente ?

Considérons, comme précédemment, une chaudière à vapeur A et sa



tuyauterie BCDEF, avec ou sans revêtement calorifuge, mais sans robinet d'arrêt, et en communication libre avec l'atmosphère par un tuyau G, sans aucun robinet d'air (fig. 164).

Évidemment, aussitôt que la pression de la vapeur commence à s'établir, l'eau s'élève dans le tuyau EC jusqu'à un niveau x' , tel que la diffé-

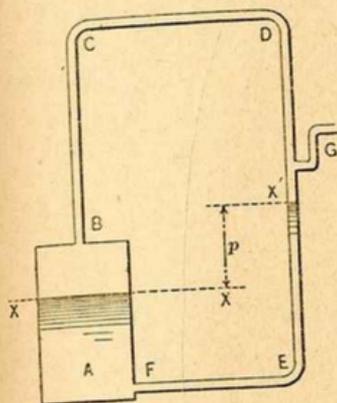


FIG. 164.

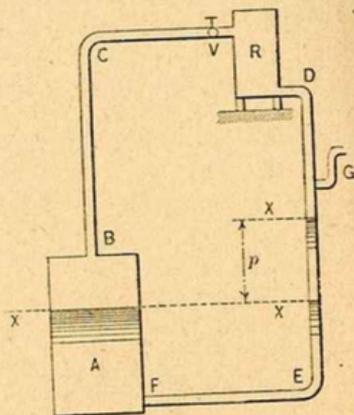


FIG. 165.

rence entre le niveau xx et le niveau x' correspond à la pression de la vapeur.

La vapeur circule dans la tuyauterie BCDE avec une vitesse proportionnelle à la pression P , diminuée des résistances r , et s'échappe dans l'atmosphère par le tuyau G.

Supposons maintenant (fig. 165) un radiateur R, raccordé au tuyau de vapeur BC par un robinet V, et au tuyau de retour DE par un branchement sans robinet.

Admettons que le robinet V est muni d'un système de réglage tel qu'il ne laisse passer dans le radiateur, pour sa position d'ouverture la plus grande, que la quantité de vapeur que ce radiateur est capable de condenser, étant donnée sa surface.

Considérons l'état d'équilibre d'un tel système.

La pression P dans la chaudière refoule jusqu'au niveau x' l'eau dans le tuyau de retour BD. Dans le tuyau BC, à l'arrivée au robinet V, existe une pression de vapeur équivalente à celle de la chaudière, moins les pertes de charge en route. La vitesse de circulation dans le tuyau BC est donc produite par $R - r$.

Dans le radiateur R existe une pression moindre, P' , puisqu'une certaine quantité de vapeur seulement peut passer par le robinet V.

Aussi P' est-elle un peu plus grande que la pression atmosphérique.

Dans le tuyau DG existe la pression atmosphérique.

Ces pressions décroissantes donnent lieu à une circulation de vapeur excessivement rapide, de la chaudière au radiateur, qui permet de réduire considérablement la section du tuyau BC.

Aucune quantité de vapeur ne pouvant arriver au tuyau G, ouvert à l'atmosphère, si le réglage du robinet V est convenablement fait, toute l'eau condensée coule librement, en raison de son poids, par le tuyau Dx', et, par conséquent, retourne à la chaudière par gravité, quand la vaporisation dans la chaudière le nécessite.

Tel est le système en cycle ouvert.

Avantages du système en cycle ouvert. — Si on le compare au système en cycle fermé, en ce qui concerne les défauts que nous avons signalés pour celui-ci, on remarque :

1° *Que les tuyauteries peuvent être de très petits diamètres.* En effet, le système fonctionne sans pression dans les retours, qui se font par simple écoulement. La pression de vapeur à la chaudière n'est nécessaire que pour vaincre les résistances à la circulation de vapeur dans la tuyauterie BCR et assurer une circulation parfaite. On peut donc se baser sur une pression :

$$P = r.$$

En réalité, les tuyauteries principales pouvant presque toujours être dissimulées, on les calcule assez grosses, en se basant sur une vitesse de circulation de vapeur de 15 à 25 mètres par seconde. Quant aux branchements allant aux radiateurs, on peut les admettre très petits, avec une vitesse de vapeur bien plus considérable, puisqu'on est toujours maître de faire le réglage de l'entrée de vapeur au robinet V un peu large, si la réduction de diamètre du branchement a donné lieu à une perte de charge, c'est-à-dire à une chute de pression, trop considérable ;

2° *Un seul robinet est nécessaire,* du côté de l'entrée de vapeur, puisque le tuyau de retour est ouvert à l'air libre, c'est-à-dire sans pression, et que, par suite, l'eau de condensation ne peut faire retour pour remplir le radiateur quand le robinet est fermé ;

3° *Ce robinet unique permet un réglage de la puissance de chauffage de chaque radiateur.* En effet, le réglage de la quantité de vapeur maximum qui peut être introduit dans le radiateur étant fait une fois pour toutes, il n'y a aucun inconvénient à ouvrir en grand ou seulement en partie le robinet. Si le robinet est ouvert en grand, la vapeur a une pression suffisante pour remplir complètement le volume du radiateur : le radiateur chauffe donc à son maximum de puissance. Si le robinet est ouvert



en partie seulement, la pression de vapeur diminue dans le radiateur, la vapeur ne remplit qu'une partie de son volume, et sa puissance de chauffage diminue.

En fait, ces robinets sont à double système de réglage. Un premier organe est disposé par le constructeur à la mise en service du radiateur pour l'orifice maximum de débit; un second organe, muni d'un cadran gradué, est à la disposition de la personne qui emploie le radiateur, et qui peut ainsi régler depuis le maximum jusqu'à zéro cet orifice d'entrée c'est-à-dire faire varier à son gré la puissance de chauffage du radiateur;

4° *Ce système supprime complètement les purgeurs d'air*, AVANTAGE EXCESSIVEMENT IMPORTANT. En effet, quand la vapeur arrive, elle chasse devant elle l'air, qui s'évacue par les tuyauteries de retour d'eau condensée, et s'échappe dans l'atmosphère par le tuyau G.

Inversement, quand le radiateur est fermé, le vide partiel qui se produit fait appel sur les tuyauteries de retour, l'air revient en sens inverse, et remplit le radiateur.

Dans la position intermédiaire, quand le robinet d'admission est suffisamment ouvert pour que la pression de vapeur soit très légèrement supérieure à la pression atmosphérique, le radiateur est rempli de vapeur seulement; mais, si cette pression tend à devenir inférieure, une certaine quantité d'air revient, jusqu'à ce que la pression soit égale à la pression atmosphérique, et, le radiateur étant rempli d'un mélange d'air et de vapeur, sa température, et, par suite, sa puissance de chauffage, diminue.

De toutes façons sont supprimés les inconvénients des purgeurs d'air, les odeurs désagréables d'air humide, les fuites de buées et de gouttes d'eau;

5° Si les pentes de tuyauteries sont convenablement observées, le radiateur se vide complètement de toute son eau de condensation lorsqu'on ferme le robinet, et il n'y a, ensuite, aucun bruit dû au contact de la vapeur et de l'eau, à la mise en route;

6° Enfin, par circulaire ministérielle du 8 juillet 1903, les générateurs de vapeur destinés au chauffage ne sont plus soumis à la clause du timbrage par le service des mines, ni à la surveillance, ni aux épreuves décennales, à la condition d'être mis, d'une manière assurée, en communication permanente avec l'atmosphère par un tuyau d'équilibre à colonne d'eau n'ayant pas plus de 3 mètres de hauteur.

Cette circulaire, qui permet d'installer une chaudière de chauffage comme un simple poêle ou un thermo-siphon, sans déclaration au service des mines et sans surveillance, a été le point de départ de la prospérité inouïe qui existe actuellement dans l'industrie du chauffage par la vapeur à basse pression.

En pratique, la plupart des constructeurs emploient la disposition représentée par la figure 166. Ils disposent un réservoir d'expansion R, à une hauteur au-dessus du niveau d'eau normal de la chaudière corres-

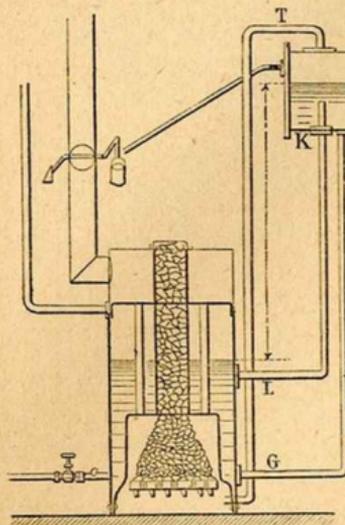


Fig. 166.

pondant à la pression de marche qu'ils se sont fixée.

Ce réservoir, en communication avec l'atmosphère par le tuyau T, reçoit les eaux de condensation du chauffage par le tuyau DE, et communique avec la chaudière par un tuyau FG, qui ramène ces eaux de condensation. Il communique, en outre, avec la chaudière par un deuxième tuyau KL, dit *tuyau de sûreté*, qui est raccordé en L, à une dizaine de centimètres au-dessous du niveau normal de l'eau.

Si la pression dans la chaudière vient à monter au-dessus de la limite fixée, malgré le régulateur de pression et la soupape de sûreté, l'eau est

refoulée dans le réservoir d'expansion R, le niveau baisse dans la chaudière, et la vapeur s'échappe par le tuyau KL aussitôt que le niveau d'eau atteint le point de raccordement L. La vapeur se condense d'abord, en traversant l'eau du réservoir d'expansion, puis s'échappe par le tuyau T, quand cette eau, étant à l'ébullition, ne peut plus la condenser.

Le volume du réservoir d'expansion R est calculé, du reste, pour recevoir toute l'eau de la chaudière comprise au-dessus du niveau correspondant à L, de manière que, lorsque la pression normale s'est rétablie, cette eau puisse rentrer dans la chaudière avec les eaux de condensation, par le tuyau FG.

Certains constructeurs installent des dispositifs pour que le surveillant soit prévenu de cette évacuation accidentelle de vapeur. Les uns mettent un sifflet d'alarme sur le réservoir d'expansion ; d'autres mettent un contact électrique, actionnant une sonnerie qui prévient quand l'eau arrive à un certain niveau dans le réservoir d'expansion ; d'autres enfin prévoient à ce réservoir un trop-plein, qui se déverse dans un petit seau formant contrepoids, qui vient fermer le registre de tirage de la cheminée, et arrêter la marche de la chaudière jusqu'à ce que le chauffeur soit venu rétablir l'équilibre.

Tels sont les principaux avantages du système en cycle ouvert sur systèmes en cycle fermé.

Inconvénients du système en cycle ouvert. — Est-ce donc à dire que ce système soit parfait, et ne prête à aucune critique?

Bien loin de là, il a aussi ses défauts, mais moins importants.

1° Son principal inconvénient est la difficulté du réglage du robinet V, placé à l'entrée de chaque radiateur.

L'orifice de jauge de ce robinet, c'est-à-dire l'ouverture par laquelle passera la quantité de vapeur maximum que ce radiateur peut condenser, ne peut être établi par le calcul, et doit être réglé sur place par tâtonnements. En effet, on peut bien se fixer la pression de marche maximum à la chaudière, mais il est impossible de calculer les pertes de charge dans les tuyauteries d'une manière assez précise pour savoir quelle sera la pression à l'arrivée à chaque radiateur.

Or, si le réglage est mal fait, ou il ne passe pas assez de vapeur dans le radiateur, et celui-ci ne chauffe pas assez, ou il en passe trop, une certaine quantité de vapeur file dans les tuyauteries de retour, pénètre dans d'autres radiateurs, qui chauffent par les retours quand leurs robinets sont fermés, et donnent lieu à des chocs et à des bruits assez violents dans les tuyauteries.

Pour éviter cet inconvénient, il faut placer des radiateurs trop forts, pour qu'en marche normale la partie extrême ne chauffe pas, et serve de surface de sécurité en cas de réglage défectueux.

Il faut aussi donner la préférence à des robinets dont le réglage ne soit pas constitué par une partie fixe, immuable, mais par un organe mobile, dont la position de réglage soit facile à modifier, même lorsque le radiateur est en marche.

Il faut encore que cet organe réglable ne puisse être manœuvré que par le constructeur, afin qu'une personne malavisée ou maladroitte ne vienne pas changer la position déterminée par le constructeur, et détruire le réglage de tout le système ;

2° Le réglage est fait pour une pression maximum. Si cette pression est dépassée accidentellement, il passe trop de vapeur dans les radiateurs les plus proches de la chaudière, ce qui donne lieu aux incidents signalés ci-dessus, chauffage des radiateurs par les tuyaux de retours, et bruits dans les tuyauteries d'eau condensée.

Le système nécessite donc un régulateur de pression très sensible et très efficace ;

3° Le réglage est fait pour une température régulière déterminée du local chauffé.

Ce système ne s'applique donc avec efficacité qu'aux locaux chauffés

régulièrement, et aux chauffages à marche continue, sans interruptions de jour et de nuit.

Si la chaudière cesse de fonctionner la nuit, comme cela arrive avec certaines chaudières à grands foyers, sans magasin de combustible alimentant la grille automatiquement au fur et à mesure de la combustion, le chauffage est très long à remettre en marche régulière le matin, après le rallumage du foyer.

Si la température s'élève accidentellement dans une pièce, le radiateur condense moins, et une certaine quantité de vapeur passe dans les retours d'eau, avec les inconvénients notés ci-dessus.

Enfin, si on veut chauffer avec les fenêtres ouvertes, comme on le fait dans un sanatorium, par exemple, le réglage devient excessivement délicat, puisque la température de l'air entourant le radiateur varie avec la température extérieure ;

4° A chaque remise en service du radiateur, après une fermeture momentanée du robinet, le radiateur est longtemps avant d'être rempli de vapeur, puisque celle-ci passe par un orifice très réduit. Il s'écoule donc un intervalle assez long, un quart d'heure, et quelquefois plus, avant que le radiateur puisse donner son rendement maximum ;

5° L'introduction de la vapeur par un orifice très réduit, puis sa détente brusque dans la capacité relativement grande d'un radiateur, produisent un léger sifflement de la vapeur. Ce sifflement s'accroît encore, pour devenir parfois gênant, lorsque les radiateurs sont en métal très mince, comme les fondeurs les fabriquent actuellement, avec leurs procédés de moulage très perfectionnés, et par raison d'économie de métal, et d'ailleurs encore avec les radiateurs en tôle soudée.

6° Enfin, la nécessité de placer un réservoir d'expansion au-dessous des retours d'eau condensée, et à une hauteur au-dessus du niveau d'eau de la chaudière correspondante à la pression de marche, nécessite des sous-sol très profonds, et la construction de fosses souvent assez coûteuses, soit qu'on trouve une nappe d'eau dans le sol, soit qu'on ait affaire à un sol rocheux, soit enfin qu'on soit obligé de reprendre en sous-œuvre les murs de l'édifice dans le voisinage de la fosse.

On voit donc que ce système de chauffage réglable, en cycle ouvert, n'échappe pas à la critique.

Malgré ses défauts, l'auteur pense que c'est encore la méthode la meilleure, entre tous les systèmes de chauffage par la vapeur à basse pression.

En employant une chaudière à fonctionnement continu, sans arrêt de jour et de nuit, avec magasin de combustible alimentant automatiquement la grille au fur et à mesure de la combustion, munie d'un régulateur très sensible, qui ne permette que de faibles variations de pression,

en faisant usage d'un robinet dont le réglage puisse être facilement modifié, même pendant la marche des appareils, en choisissant des radiateurs en fonte épaisse, enfin en s'adressant à un constructeur expérimenté, qui sache bien calculer et installer les appareils et les tuyauteries, on a certainement l'un des meilleurs chauffages existant actuellement sur le marché mondial.

Ce système est parfaitement régulier, souple, réglable, facile à conduire par une personne quelconque, une femme même, qui n'y consacre que quelques instants, le matin et le soir, sans avoir à s'en occuper dans l'intervalle des chargements ; c'est vraiment un chauffage domestique.

Nous allons maintenant passer en revue les détails de principe et les divers organes de chacun de ces systèmes.

Système américain à un seul tuyau (fig. 167). — Ce chauffage est caractérisé par :

1° Une chaudière A, dans laquelle le niveau d'eau est représenté par la ligne *xx* ;

2° Une canalisation de gros diamètre DEFGH, qui s'élève verticalement au-dessus de la chaudière jusqu'au point le plus haut du sous-sol, puis circule avec une pente régulière descendante, de 2 à 3 centimètres par mètre, en passant aussi près que possible des points choisis pour les colonnes verticales de distribution, et revient à la chaudière, pour se raccorder en I avec celle-ci, au dessous du niveau d'eau ;

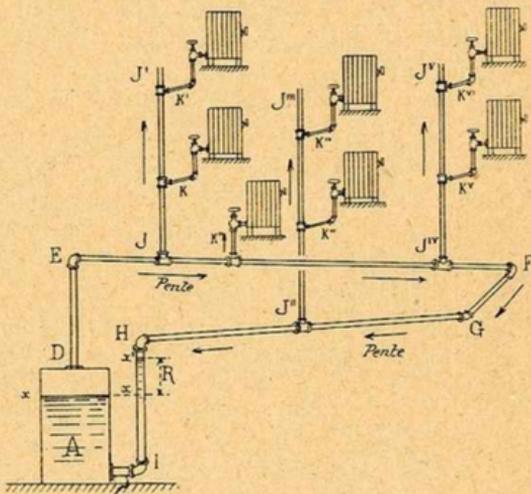


FIG. 167.

3° Des colonnes verticales JJ', J''J''', J''J''',

qui partent de la conduite principale EFGH et s'élèvent jusqu'aux étages à chauffer ;

4° Des branchements K, K', K'', K''', K''', K''', K''', K''', qui partent du collecteur horizontal ou des colonnes verticales pour aller jusqu'aux robinets des radiateurs ;

5° Des radiateurs, munis chacun d'un robinet à l'entrée, et d'un purgeur automatique d'air placé du côté opposé au robinet.

On voit facilement le fonctionnement du système. Le collecteur DEFG, étant de très gros diamètre, peut être considéré presque comme un prolongement de la chaudière, et la pression de la vapeur qu'il contient est presque la même que celle de la chaudière. Comme il alimente les branchements des radiateurs, qui condensent la vapeur, il y a néanmoins dans ce tuyau une circulation, et par suite il y a des résistances.

L'eau s'élève donc dans le raccordement HI à une hauteur x' au-dessus du niveau normal de la chaudière, et cette différence de niveau R représente les pertes de charge, qu'on doit tendre à diminuer le plus possible.

D'autre part, ce collecteur est en pente régulière descendante, parce qu'il contient à la fois la vapeur et l'eau de condensation, qu'on fait circuler dans le même sens, de manière à éviter les bruits et les chocs violents qui se produiraient à la rencontre de ces deux fluides s'ils circulaient en sens inverse l'un de l'autre.

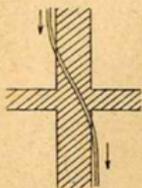


FIG. 168.

Pour ces deux raisons, réduction de perte de charge et circulation de vapeur et d'eau, ce collecteur doit être de très gros diamètre.

Les colonnes verticales doivent s'élever directement et sans coudes. Si on est obligé de les dévier dans le sens vertical, par exemple pour traverser un mur, il faut toujours employer des cintrages très allongés, comme l'indique la figure 168.

Comme ces colonnes contiennent la vapeur, qui s'élève, et l'eau de con-

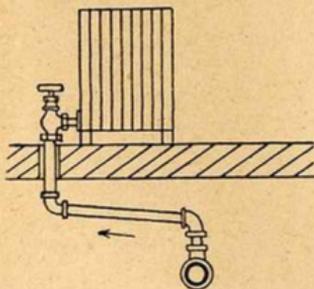


FIG. 169.

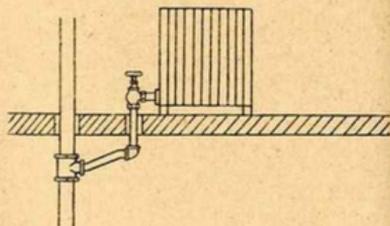


FIG. 170.

densation, qui redescend en ruisselant le long de leurs parois intérieures, et que ces deux fluides circulent en sens inverse, il faut avoir soin d'employer également de très gros diamètres, afin d'éviter les bruits et les claquements.

Les branchements (fig. 169 et 170) doivent quitter les colonnes avec une pente ascendante très prononcée, puis remonter verticalement aux



robinets ; ils doivent avoir un diamètre minimum de 1" (26/34), toujours en raison de cette circulation de l'eau et de la vapeur en sens inverse.

En un mot, des pentes convenablement observées et des tuyauteries de gros diamètres peuvent seules assurer le bon fonctionnement de ce système, dans lequel les bruits sont excessivement difficiles à éviter, et qui nécessite, non seulement une étude très délicate, mais encore une main-d'œuvre d'exécution très soignée et très surveillée.

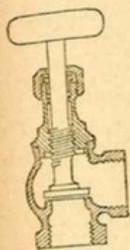


FIG. 171.

On emploie presque toujours dans ce système des robinets d'équerre sur les radiateurs (fig. 171), dans le but d'éviter les poches d'eau comme il en existe dans les robinets

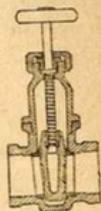


FIG. 172.

droits, et qui donneraient naissance certainement à des bruits violents lorsque la vapeur serait obligée de venir en contact trop intime avec l'eau, ou même de traverser de petites poches d'eau.

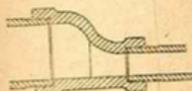


FIG. 173.

Quand les nécessités de l'installation obligent à employer des robinets droits, on les choisit de préférence du type peet-valves, à passage direct (fig. 172).

Les branchements de tuyaux de petits diamètres sur d'autres de diamètres plus grands doivent être, autant que possible, des modèles excentrés, et sans saillies intérieures (fig. 173), comme ceux employés dans les installations de chauffage

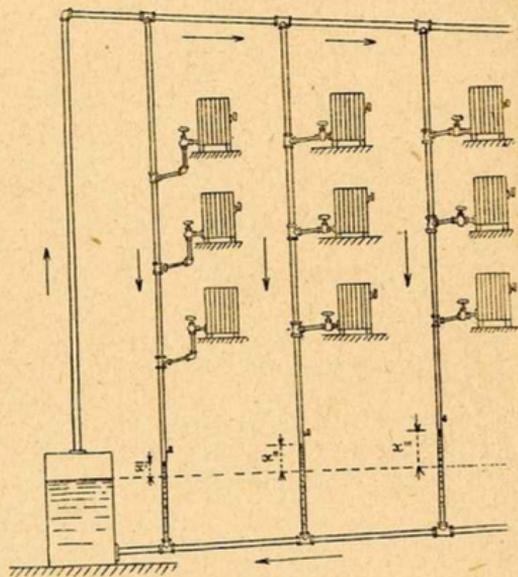


FIG. 174.

par l'eau chaude, pour éviter les poches d'eau et faciliter l'écoulement.

Au surplus, ce système, tout en conservant le principe de chauffage à

un seul tuyau, se prête assez facilement aux combinaisons de tuyauteries employées dans les autres systèmes, quand les sous-sols sont d'accès difficile, ou voûtés, et ne permettent pas une circulation continue régulière.

Par exemple, ils permettent la distribution de vapeur par une colonne verticale montant jusqu'à la partie haute du bâtiment, et raccordée par une circulation en pente descendante, avec des colonnes verticales descendantes sur lesquelles les radiateurs sont branchés comme dans le système précédent (fig. 174). Dans ce cas, la canalisation de retour est placée au-dessous du niveau de l'eau de la chaudière, quelquefois même dans le sol, au-dessous de la chaudière.

Dans d'autres cas, quand les colonnes montantes sont placées

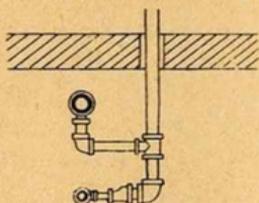


FIG. 175.

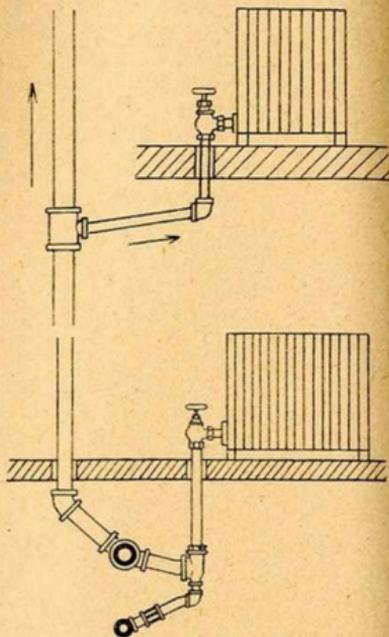


FIG. 176.

trop loin du circuit principal, en sous-sol, on établit une canalisation spéciale pour le retour, qu'on ramène au-dessous du niveau de l'eau aussitôt qu'on le peut, suivant l'une des deux dispositions ci-jointes (fig. 175 et 176).

Les tableaux ci-après, extraits du livre américain *Heating and ventilating Buildings*, du professeur Rolla C. Carpenter, de New-York, donnent les dimensions des tuyauteries généralement employées avec ce système de chauffage.

DIMENSIONS EN POUCES ANGLAIS DE LA TUBULURE D'ENTRÉE DE VAPEUR ET DE SORTIE D'EAU SUR LES RADIATEURS ET DIAMÈTRES DES ROBINETS CORRESPONDANTS

Radiateur de 2 mètres carrés et au-dessous.....	1 pouce
— de 2 à 4 — —	1 1/4
— de 4 à 8 — —	1 1/2
— de 8 à 12 — —	2

DIMENSIONS DES TUYAUX DE VAPEUR POUR LE SYSTÈME A UN TUYAU,
 AVEC RADIATEURS DIRECTS

Pression : 3.0 grammes; vitesse d'écoulement de la vapeur : 8 à 9 mètres par seconde.

SURFACES de RADIATION en MÈTRES CARRÉS	LONGUEURS DES TUYAUTERIES ALIMENTANT LES SURFACES DE RADIATION								
	6 ^m	12 ^m	25 ^m	30 ^m	60 ^m	90 ^m	120 ^m	180 ^m	300 ^m
	DIMENSIONS DES TUYAUX COMMERCIAUX CORRESPONDANTS, EN POUCES ANGLAIS								
1,85	1	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 1/2
3,70	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 1/2
5,50	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2	2
7,50	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2	2
20	1 1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	2 1/2
40	1 1/2	1 1/2	2	2	2	2 1/2	2 1/2	3	3 1/2
55	2	2	2	2	2	3	3	3	4
75	2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	3	3	3 1/2	4
90	2	2 1/2	2 1/2	3	3 1/2	3 1/2	3 1/2	4	4 1/2
110	2 1/2	2 1/2	3	3	3 1/2	3 1/2	3 1/2	4	5
150	2 1/2	3	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	4	4 1/2	6
185	3	3 1/2	3 1/2	4	4	4 1/2	4 1/2	5	6
260	3 1/2	3 1/2	4	4	4	4 1/2	4 1/2	6	7
335	4	4	4	4	4 1/2	5	5	6	7
370	4	4	4	4 1/2	4 1/2	5	5	6	7
560	4 1/2	4 1/2	4 1/2	5	5	6	6	7	8
750	5	5	5	6	6	7	7	7	9
1.100	5 1/2	5 1/2	6	7	7	7	7	8	10
1.500	5 1/2	5 1/2	6	7	7	8	8	9	11
1.800	6	6	6	7	7	8	8	9	12
2.200	6	7	7	7	8	8	8	10	11
2.600	7	7	7	8	9	9	10	10	12
3.000	7	8	8	8	9	9	10	11	12
3.350	8	8	8	8	9	10	11	11	12
3.700	9	9	9	10	11	11	12	12	14

Cette table est établie en admettant des résistances à l'écoulement correspondantes à une perte de charge de 150 millimètres, c'est-à-dire que, dans les tuyauteries de retour, l'eau monte à 150 millimètres au-dessus du niveau d'eau de la chaudière.

Si le hauteur des sous-sols permet sans inconvénient que le niveau de l'eau dans les retours monte à une hauteur plus grande au-dessus du niveau de l'eau dans la chaudière, on peut employer des tuyaux plus petits, c'est-à-dire alimenter une surface de radiateurs plus importante avec les mêmes tuyaux.

Par exemple, si la différence de niveau peut monter à 300 millimètres, la surface de radiateurs alimentée par les mêmes tuyaux peut être augmentée dans le rapport de 1 à 1,15; si la différence peut être 450 millimètres, le rapport peut aller à 1,25, etc.

Si on veut employer de la vapeur à une pression différente de celle pour laquelle le tableau à été établi, on peut appliquer les coefficients suivants :

Pour une pression de 700 grammes, augmenter la surface de radiateurs dans le rapport de 1 à 1,09 ; pour une pression de 140 grammes, diminuer proportionnellement à 0,86 ; pour une pression de 35 grammes, diminuer proportionnellement à 0,75 ;

Dans le cas de chauffage indirect, c'est-à-dire de radiateurs en batterie dans des enveloppes, avec circulation d'air, diminuer la surface de radiateurs proportionnellement à 0,70.

Pour les surfaces à ailettes, leur coefficient de transmission étant environ les $\frac{2}{3}$ de celui des radiateurs, comme nous l'avons dit précédemment, la même tuyauterie peut alimenter 1 fois et demie la surface indiquée pour les radiateurs lisses.

Il est prudent de ne pas employer de tuyaux plus petits que 1 pouce $\frac{1}{4}$, sauf dans les très courts branchements de radiateurs plus petits que 2 mètres carrés, et placés tout près de la chaudière.

Enfin, la longueur de la tuyauterie doit être majorée d'une certaine proportion, pour tenir compte des résistances ; un coude d'équerre correspond à une augmentation de longueur égale à 40 fois le diamètre du tuyau ; un robinet-valve droit, à une augmentation égale à 125 fois le diamètre du tuyau ; un robinet d'équerre, à une augmentation égale à 60 fois le diamètre ; un branchement d'équerre sur une conduite, à 60 fois le diamètre du branchement, etc.

Les longueurs indiquées au tableau ne sont donc pas des distances mesurées en longueurs métriques ; ce sont des distances réelles, augmentées des longueurs fictives calculées suivant les rapports ci-dessus, pour tenir compte des coudes, té, branchements, robinets, etc.

Enfin les longueurs sont toujours rapportées à la chaudière, c'est-à-dire qu'elles ne représentent pas la longueur du tuyau considéré, mais sa longueur propre, augmentée de la longueur de toutes les conduites qui le précèdent, jusqu'à la chaudière.

Lorsque les canalisations, et surtout les colonnes verticales, sont très longues, et ont elles-mêmes une grande section, en raison de la surface importante de radiateurs qu'elles alimentent, il est souvent utile de les purger de la quantité d'eau qui se condense par suite de la radiation de leurs parois. Dans ce cas, on prévoit une tuyauterie spéciale d'eau de condensation, pour éviter les trop gros diamètres.

Dans cette disposition, si on veut éviter d'une manière absolue les bruits que produirait le contact de la vapeur avec les retours, il est bon de placer cette conduite d'eau condensée à un niveau inférieur au niveau de l'eau dans la chaudière.

On place alors au pied de chaque colonne verticale un tuyau de purge, qui se raccorde à la conduite d'eau condensée, et sépare l'eau de la vapeur. Le raccordement du branchement de vapeur avec le collecteur principal peut se faire soit par-dessus, comme sur la figure 177, soit par-

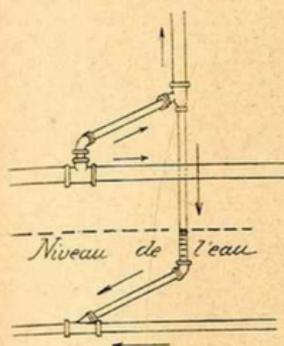


FIG. 177.

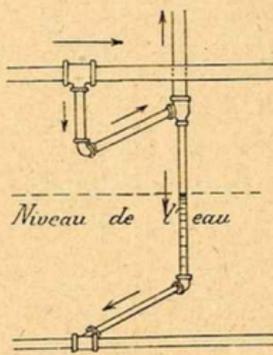


FIG. 178.

dessous, comme sur la figure 178 ; cette deuxième disposition a pour avantage de purger le collecteur principal, qui contient alors de la vapeur plus sèche.

Si on ne craignait pas de multiplier à l'infini les pièces de raccord, déjà très nombreuses, employées en chauffage à vapeur, on pourrait conseiller, tant pour les prises de vapeur sur les collecteurs principaux que pour les raccordements des purges sur les tuyaux d'eau condensée, l'emploi de tés de branchements inclinés à 45° , au lieu des tés à 90° ordinaires (fig. 179).

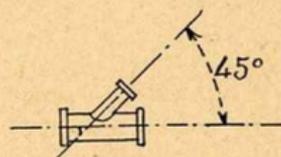


FIG. 179.

L'emploi de ces tés inclinés aurait l'avantage de produire aux points de jonction l'union de courants de vapeur ou d'eau circulant dans la même direction, ne se heurtant pas, et ne produisant pas de remous, qui sont autant de pertes de charges.

Quand on emploie une semblable disposition de tuyau d'eau condensée, on en profite pour purger le collecteur de vapeur à l'extrémité, ce qui permet quelquefois de ne pas le continuer plus loin que la dernière colonne verticale de vapeur au point le plus éloigné, et de revenir à la chaudière avec un collecteur d'eau condensée plus petit (fig. 180).

Ce système permet aussi, avec les longs collecteurs qui finissent, en raison des pentes, par descendre à un niveau gênant pour le service du

sous-sol, ou pour les collecteurs qui sont obligés de passer sous des poutres, de relever le niveau du collecteur, en plaçant un tuyau de purge au point bas, comme l'indique la figure 181.

Quand on emploie ainsi un tuyau spécial pour l'eau condensée, on

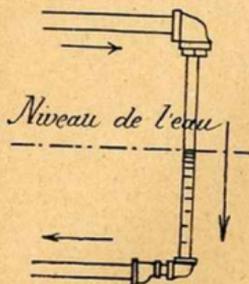


FIG. 180.

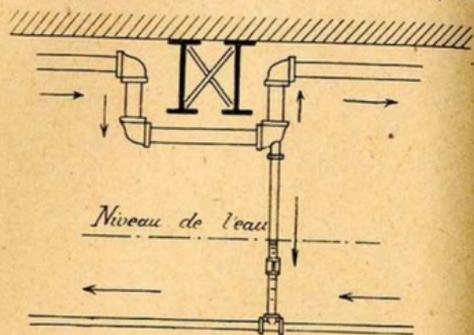


FIG. 181.

peut diminuer la section du collecteur de vapeur, dans la proportion de 1 à 0,8.

Le tuyau d'eau condensée doit avoir une section égale à la moitié environ de celle du collecteur dont il recueille les purges.

Le tableau ci-dessous (d'après R.-C. Carpenter) donne les dimensions des tuyaux de purge verticaux.

DIMENSIONS des COLLECTEURS DE VAPEUR EN POUCES	DIMENSIONS DES TUYAUX DE PURGE VERTICAUX POUR DES LONGUEURS DE COLLECTEURS DE :			
	0 à 30 ^m	30 à 60 ^m	60 à 120 ^m	120 à 180 ^m
	1 à 2 pouces	1/2	1/2	1/2
3	1/2	3/4	3/4	1
4	3/4	3/4	1	1 1/4
5	3/4	1	1 1/4	1 1/2
6	1	1 1/4	1 1/2	1 1/2

Système américain à deux tuyaux. — Le système à deux tuyaux est plus facile à installer que le système à un tuyau, et, dans certains cas, présente sur lui des avantages. En particulier, les branchements des radiateurs sont plus faciles à faire. C'est en effet, dans le système à un seul tuyau, le point le plus délicat, et la cause principale des bruits violents qui se produisent si souvent dans les installations de ce système.

Disons de suite que ces bruits ne sont pas inhérents au système lui-même, et qu'on peut parfaitement les éviter et avoir des chauffages à un seul tuyau complètement silencieux, si on a des tuyauteries de diamètres suffisants, des robinetteries à passage direct, et des pentes importantes convenablement disposées. Ce dernier point surtout doit attirer l'attention, car il nécessite, de la part de l'ingénieur qui dirige un montage

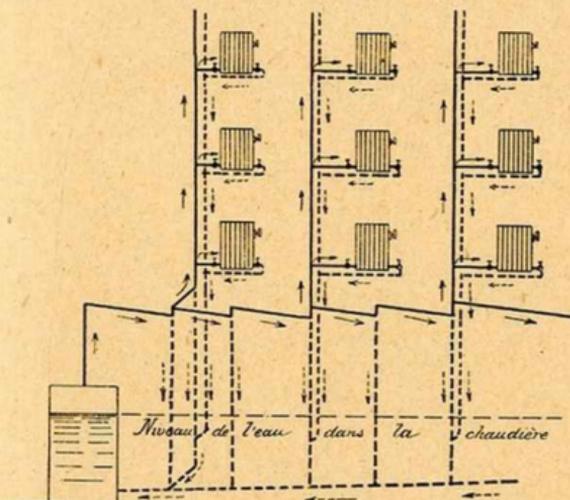


FIG. 182.

par ce système, une attention toute particulière, et un contrôle très sérieux du travail de ses ouvriers.

La figure 182 montre le schéma d'une installation de chauffage à deux tuyaux.

On y remarquera :

1^o Que le collecteur général de retour est placé au-dessous du niveau de l'eau de la chaudière, ou *noyé*, comme on dit en terme de métier ;

2^o Que le collecteur général de vapeur est en pente régulière, mais qu'on peut le relever de distance en distance, en plaçant aux points bas un tuyau de purge qui se raccorde avec le collecteur général des retours ;

3^o Qu'on place au pied de chaque colonne verticale de vapeur un tuyau de purge analogue ;

4^o Que les tuyauteries ou branchements de vapeur alimentant les radiateurs sont placées avec une légère pente vers lesdits radiateurs, au lieu d'être pris en dessous en contre-pente, comme on est obligé de le faire dans le système à un seul tuyau.

Ce seul point suffit pour militer en faveur du système, car l'alimentation par dessous est excessivement délicate, et, comme nous l'avons précédemment expliqué, c'est la principale cause des bruits importants, ou tout au moins des légers clapotements, qui sont inévitables dans le système à un tuyau.

A la vérité, la nécessité de placer le collecteur au-dessous du niveau de l'eau est souvent une source de grosses difficultés, mais on peut les surmonter de deux manières :

1^o Soit au moyen de siphons, comme on le fait surtout en Angleterre (voir *A Practical Treatise upon Steam Heating*, by Frederick Dye, publié à Londres);

2^o Par la création d'un niveau d'eau artificiel (voir *Practical Hot Water*

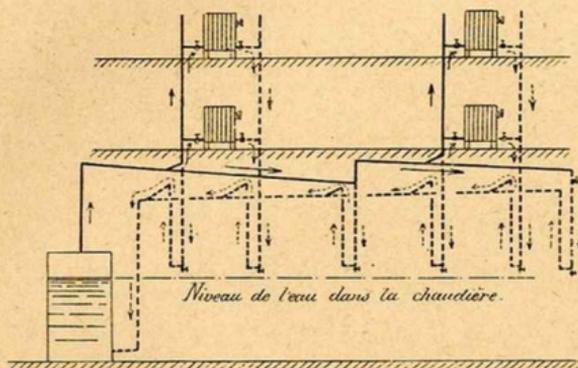


FIG. 183.

Heating, Steam and Gas Fitting, by James J. Lawler, publié à New-York).

Cette disposition a, du reste, été appliquée depuis longtemps en France, et est figurée sur l'ancien catalogue du système dit *Thermo-cycle* de la maison Geneste et Herscher.

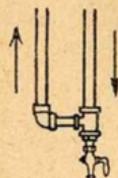


FIG. 184.

Les siphons (fig. 183) doivent avoir une hauteur au moins égale à la perte de charge sous laquelle fonctionne le système, sous peine d'être désamorçés, et de produire périodiquement des poussées d'eau, qui obstruent les tuyaux principaux de retour pendant la durée de l'écoulement, et produisent à ce moment un bruit désagréable. L'extrémité de la conduite principale de vapeur est purgée par un siphon semblable, muni d'un robinet d'air automatique. Il est bon de prévoir au bas de chaque siphon un petit robinet de vidange (fig. 184),

pour éviter la gelée, si l'appareil doit rester un certain temps sans fonctionner, pendant la période froide de l'hiver.
Quelques constructeurs munissent leurs syphons d'un robinet permet-

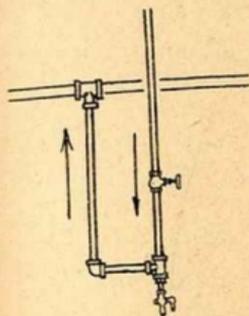


FIG. 185.

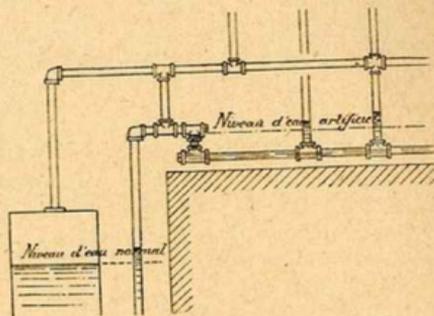


FIG. 186.

tant de faire le réglage de leur débit, et d'éviter le désamorçage (fig. 185) ; nous ne conseillons pas cette addition qui peut donner lieu à de fausses manœuvres, et à des arrêts de fonctionnement, ces robinets pouvant être fermés par maladresse ou par malveillance.

Le niveau d'eau artificiel peut être nécessité, par exemple, par l'absence du sous-sol dans une certaine partie du parcours du tuyau de retour, comme il est indiqué sur la figure 186.

Dans ce cas, la hauteur de relevage du niveau doit être égale au moins à la perte de charge sous laquelle fonctionne le système ; le nouveau niveau d'eau est maintenu, du reste, par une communication avec la conduite principale de vapeur, par un tuyau de gros diamètre, de manière à bien maintenir la pression dans tout le réseau des retours. Cette communication doit être répétée périodiquement par des branchements, qui peuvent être utilisés, par exemple, pour purger les conduites verticales ascendantes de vapeur.

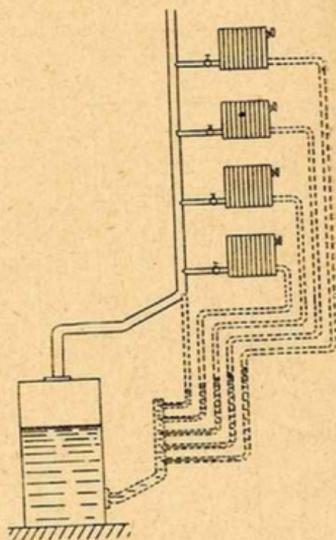


FIG. 187.

Cette disposition, du reste, ne doit être employée qu'avec beaucoup

de précautions, parce qu'elle donne lieu souvent à des mécomptes, qui se traduisent toujours par des bruits dans les conduites, et par des inégalités de fonctionnement.

Quand on veut éviter le deuxième robinet placé sur le branchement de retour d'eau condensée à la sortie du radiateur, et qu'on n'est pas arrêté par l'augmentation de dépense, on fait, pour chaque radiateur, un tuyau de retour spécial, qu'on raccorde jusqu'au-dessous du niveau d'eau de la chaudière (*fig. 187*).

Cette disposition donne certainement un bon résultat, mais il faut que chaque radiateur soit muni d'un bon purgeur d'air automatique, pour éviter que l'eau de la chaudière ne soit aspirée par les tuyaux de retour, en vertu du vide qui se produit dans le radiateur quand on ferme le robinet.

Comme on n'est jamais sûr du fonctionnement d'un purgeur d'air, on complète alors souvent par un clapet de retenue, placé soit sur le radiateur à la sortie d'eau condensée, soit au pied de la conduite au-dessus du niveau de l'eau.

Voici, d'après R. C. Carpenter, les dimensions de tuyauteries qui conviennent au chauffage à vapeur à basse pression en cycle fermé avec deux tuyauteries séparées.

DIAMÈTRES DES TUYAUX en pouces anglais		SURFACES DE RADIATEURS QUI PEUVENT ÊTRE ALIMENTÉES AUX DISTANCES :									
VAPEUR	RETOUR	30 ^m	60 ^m	90 ^m	120 ^m	150 ^m	180 ^m	210 ^m	240 ^m	270 ^m	300 ^m
		m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²
1	1	3,5	2,6	2	1,75	1,60	1,4	1,35	1,30	1,25	1,20
1 1/4	1	7	5	4	3,5	3,20	2,8	2,75	2,45	2,35	2,20
1 1/2	1 1/4	11,5	8	6,5	5,75	5,20	4,6	4,25	4	3,90	3,75
2	1 1/2	25	18	15	12,50	12,30	10	9,25	8,75	8,50	8
2 1/2	2	50	35	30	25	22,50	20	18,50	17,50	17	16
3	2 1/2	85	60	50	40	36	34	32	30	29	28
3 1/2	2 1/2	125	90	75	60	54	50	46	44	42	40
4	3	185	130	110	90	82	74	65	62	61	60
4 1/2	3	260	190	150	130	125	115	100	90	87	85
5	3 1/2	360	260	210	180	160	144	135	125	120	115
6	3 1/2	550	390	325	275	250	220	200	190	184	180
7	4	850	600	510	425	380	340	310	300	285	275
8	4 1/2	1.200	850	720	600	540	480	440	420	400	380
9	4 1/2	1.700	1.200	1.000	850	765	680	620	600	570	540
10	5	2.200	1.600	1.300	1.100	990	880	800	770	750	725
12	6	3.600	2.600	2.100	1.800	1.620	1.440	1.300	1.250	1.200	1.150
14	7	5.300	3.750	3.100	2.650	2.385	2.100	1.900	1.850	1.750	1.700
16	8	7.500	5.300	4.500	3.750	3.375	3.000	2.750	2.625	2.500	2.400

L'estimation des longueurs, des résistances, etc., doit être faite comme il a été dit précédemment pour le système à un seul tuyau.

Pour les radiateurs indirects, pour les radiateurs à ailettes, on peut aussi employer les mêmes coefficients que ceux indiqués pour le système à un seul tuyau.

Enfin, si la pression est plus élevée, le même tuyau peut alimenter une surface de radiateurs plus grande. Par exemple, pour une pression de 700 grammes on peut multiplier par le coefficient 1,7.

DIMENSIONS EN POUCES ANGLAIS DES TUBULURES D'ENTRÉE DE VAPEUR ET DE SORTIE D'EAU CONDENSÉE SUR LES RADIATEURS, ET DIAMÈTRES DES ROBINETS CORRESPONDANTS

SURFACES DES RADIATEURS	DIMENSIONS EN POUCES	
	DE L'ENTRÉE DE VAPEUR	DE LA SORTIE D'EAU CONDENSÉE
4 mètres carrés et au-dessous.....	1	3/4
De 4 à 8 mètres carrés.....	1 1/4	1
De 8 à 12 —	1 1/2	1 1/4
De 12 à 16 —	2	1 1/2

Pour les radiateurs indirects ou batteries, les mêmes tuyaux ou robinets peuvent alimenter 70 0/0 seulement des surfaces équivalentes à celles des radiateurs ci-dessus.

Pour les surfaces à ailettes, les mêmes tuyaux peuvent alimenter une fois et demie la surface indiquée dans le tableau ci-dessus.

Les dimensions des tuyaux de purge des conduites doivent être les mêmes que celles indiquées à la page 236 dans le cas du chauffage à un seul tuyau.

Système « dit français » en cycle ouvert. — Ce système a presque autant de dispositions spéciales qu'il existe de maisons françaises spécialistes en chauffage. Les détails ci-dessous ne sont donc pas rigoureusement appliqués par tous les constructeurs; ce ne sont pas non plus les dispositions adoptées par un d'entre eux.

L'auteur, entendant rester neutre dans la question, bien que directement intéressé dans l'industrie du chauffage, a cru intéressant de grouper les différents principes appliqués par les divers constructeurs, pour en former, en quelque sorte, des détails généraux.

Le système est caractérisé (*fig. 188*) par :

1° Une chaudière A, à fonctionnement continu, munie des accessoires ordinaires, niveau d'eau, robinets de jauge, de vidange, manomètre, une soupape de sûreté, et des accessoires spéciaux, régulateur automa-

lique de pression et de combustion, réservoir d'expansion V, placé au-dessus du niveau d'eau normal de la chaudière, à une hauteur correspondante à la pression de marche P.

Ce réservoir V est en communication avec la chaudière par deux tuyaux : l'un S est le tube de sûreté, et se raccorde avec la chaudière à quelques centimètres au-dessous du niveau normal de l'eau ; l'autre T se raccorde à la partie basse et constitue le tube de retour d'eau condensée. C'est généralement sur ce tuyau qu'est fait le branchement B d'alimentation d'eau, muni d'un robinet d'arrêt et d'un clapet de retenue.

Ce réservoir d'expansion reçoit lui-même, en H, la conduite de retour

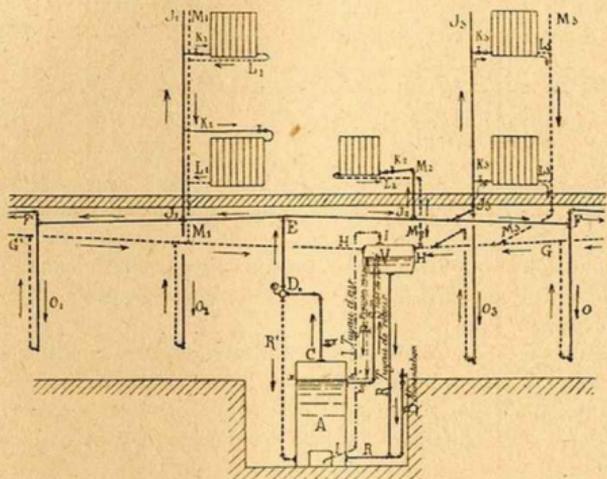


FIG. 188.

d'eau condensée générale du chauffage, et est en communication libre avec l'atmosphère par un tuyau ouvert I ;

2° La canalisation de vapeur part de la chaudière à la partie haute, en C, et traverse généralement un sécheur de vapeur, ou séparateur de vapeur et d'eau D, qui ne laisse passer que la vapeur sèche, et renvoie à la chaudière l'eau d'entraînement par la conduite R¹. La canalisation s'élève ensuite verticalement aussi haut que possible, en E, puis se distribue en une ou plusieurs directions, avec une pente régulière descendante de 1 à 2 millimètres par mètre, pour alimenter sur son parcours les branchements des colonnes verticales de distribution de vapeur J¹, J², J³, etc. ;

3° Les colonnes verticales se subdivisent elles-mêmes en branchements



K^1, K^2, K^3 , qui vont jusqu'aux robinets des radiateurs, avec une légère pente vers ceux-ci (1 à 2 millimètres par mètre);

4° Les branchements de retours L^1, L^2, L^3 , etc., ne sont munis d'aucun robinet, ils partent avec une légère pente, 2 à 3 millimètres par mètre, sans aucun siphonnage ni contre-pente, jusqu'aux colonnes verticales de retour. Les radiateurs eux-mêmes ne sont munis d'aucun purgeur d'air;

5° Les colonnes verticales de retour M^1, M^2, M^3 redescendent, avec aussi peu de coudes que possible, et surtout sans partie horizontale ni en contre-pente, jusqu'aux raccordements avec les conduites principales de retour;

6° Les conduites principales de retour reçoivent ainsi toutes les eaux condensées du chauffage, et reviennent suivant GH, G^H, avec une pente régulière de 2 à 3 millimètres par mètre, jusqu'au réservoir d'expansion U.

Les conduites principales de vapeur EF, EF¹, doivent avoir une pente très régulière, en partant du point haut E près de la chaudière, et redescendant jusqu'au point bas à l'extrémité, où elles se raccordent avec la conduite générale par un siphon O, dont la longueur des branches est égale au moins à la pression de marche maximum de la chaudière P. De cette manière, la vapeur et l'eau condensée en route circulant toujours dans le même sens, on est assuré de n'avoir pas de bruit ni de barbotage de vapeur dans l'eau.

Si on est obligé de remonter, soit à cause d'un point bas du plafond du sous-sol, soit parce qu'on rencontre un filet de pierre ou de fer qu'on ne peut traverser, soit enfin parce que, en raison de la grande longueur de la conduite, la pente régulière amènerait le tuyau en un point trop bas, qui gênerait pour la circulation dans le sous-sol, on a soin, à chaque point de remontage N, de purger par un siphon O.

Les colonnes verticales, seules parties dans lesquelles la vapeur et l'eau de condensation circulent en sens inverse, sont purgées à la partie basse par des siphons O², O³.

Elles doivent toujours s'élever verticalement et sans coudes. Si on doit les dévier dans le sens vertical, il faut employer des cintrages très allongés, comme il est représenté (fig. 168) dans la description du chauffage à un tuyau.

Si on est obligé de les dévier sur un parcours horizontal, celui-ci, ne fût-il que de 1 mètre de long, on donne à celui-ci une pente très accentuée, de 3 à 4 millimètres par mètre, et on purge à

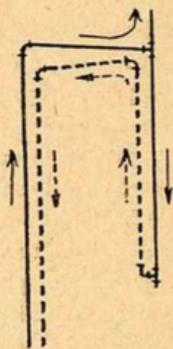


Fig. 189.

nouveau par un siphon (*fig. 189*), le principe étant d'avoir toujours de la vapeur bien sèche dans les conduites de vapeur.

Les conduites de retour, aussi bien pour les branchements L¹, L², L³, que pour la conduite principale GH, doivent aussi avoir une pente régulière descendante.

Certains constructeurs, lorsqu'ils ont à traverser une porte, n'hésitent pas à passer en caniveau sous la porte, et à remonter ensuite, pour reprendre la pente dans le prolongement de la direction qu'avait le tuyau avant le siphon (*fig. 190*). Cette disposition ne doit être considérée que comme un pis aller, quand il serait vraiment trop onéreux de continuer le caniveau avec une pente régulière jusqu'à l'extrémité. Il faut alors avoir soin de placer un petit tuyau passant au-dessus de la porte,

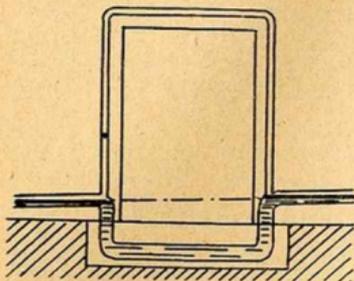


FIG. 190.

pour permettre la circulation de l'air, qui se fait avec l'eau dans les conduites de retour; il faut aussi augmenter beaucoup le diamètre du tuyau dans le siphonnage, et faire celui-ci d'un seul morceau, en cintrant le tuyau, pour éviter les fuites possibles dans le caniveau.

Certains constructeurs remplacent le tuyau d'air contournant la porte par un simple évent, ou tuyau de très petit diamètre, ouvert, à l'extérieur du bâtiment, à son extrémité (*fig. 191*).

Cette disposition est imprudente. Si le réglage est mal fait, il y a échappement de vapeur, ce qui, outre l'inconvénient de cette sortie de vapeur, a le grand défaut de perdre de l'eau chaude, c'est-à-dire des calories, et de nécessiter une alimentation journalière plus importante

de la chaudière, dont on augmente ainsi les chances d'incrustations.

Du reste, le réglage fût-il bien fait, il est facile de comprendre que cet air est chargé de buées, qui se condensent en arrivant à l'extérieur sous forme de gouttelettes, qui tachent les murs, et même, par les temps de gelée, peuvent produire des glaçons qui bouchent les événements.

Il serait moins mauvais de placer sur ces événements de petits purgeurs

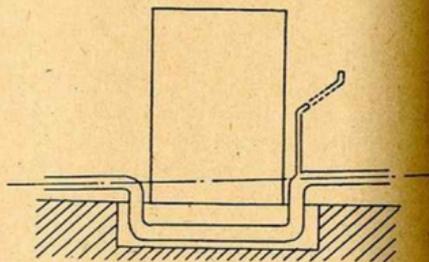


FIG. 191.



d'air automatiques, ou même de véritables purgeurs de vapeur et d'eau, malgré les défauts de ces deux types d'appareils.

Lorsqu'en sous-sol on rencontre un obstacle, par exemple une porte, qui empêche le passage de la tuyauterie de retour avec sa pente régulière, on ramène le tuyau général de retour au-dessous du niveau d'eau, comme dans la figure 192, mais on a soin de compléter par un tout petit

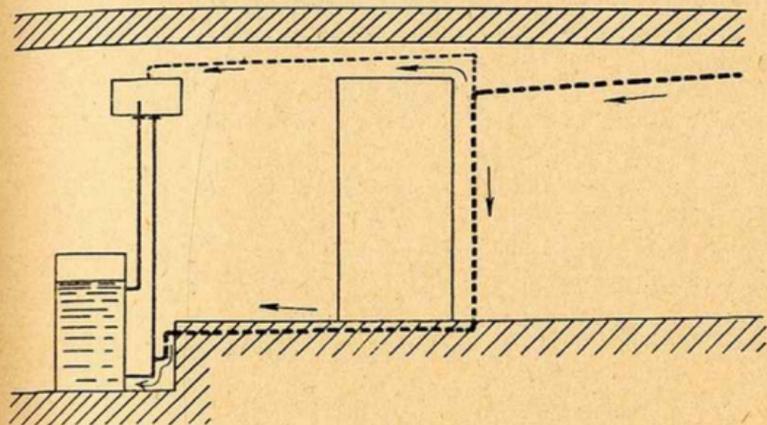


FIG. 192.

tuyau d'air, qui revient au ballon, en passant au-dessus de la porte. Si la longueur trop grande de ce tuyau donnait lieu à une dépense trop forte, on emploierait un simple évent, avec, au pis aller, un purgeur, comme il est dit ci-dessus, mais il faut éviter ces appareils, et la disposition avec tuyau d'air est beaucoup meilleure.

Batteries en sous-sol. — Le réglage de la quantité maximum de vapeur qui peut passer par un orifice, pour être complètement condensée dans un radiateur, ne peut se faire que si ce radiateur est placé dans une atmosphère à température sensiblement égale. On comprend que, si la température de l'air entourant le radiateur vient à s'abaisser, la surface de l'appareil condense plus de vapeur que l'orifice ne peut en laisser passer : le radiateur ne chauffe pas jusqu'au bout.

On comprend aussi que, si la température de l'air environnant s'élève dans de trop fortes proportions, la surface du radiateur ne peut plus condenser toute la vapeur qui passe par l'orifice, et une certaine quantité passe dans les tuyauteries de retour, ce qui, nous le savons, est un très grave défaut.

La méthode de réglage ne convient donc qu'aux radiateurs placés dans les appartements à température constante. Elle exige des chaudières à

production de vapeur régulière, de jour et de nuit, et ne s'applique pas bien au chauffage discontinu ; en d'autres termes, la chaudière ne doit pas pouvoir s'éteindre dans l'intervalle de deux chargements consécutifs.

Les radiateurs indirects, c'est-à-dire les batteries de radiateurs lisses ou à ailettes enfermées dans des enveloppes en maçonnerie, et échauffant l'air amené de l'extérieur par une prise d'air pour être distribué ensuite par des conduits et bouches de chaleur, ne peuvent donc pas être réglés.

Ils reçoivent, en effet, l'air à la température extérieure, essentiellement variable sous nos climats, entre $- 10^{\circ}$ au-dessous de zéro, et $+ 10$, $+ 15^{\circ}$ au-dessus de zéro, et même davantage, suivant la saison, et quelquefois variable dans de très grandes proportions aux diverses heures d'une même journée.

En général, les batteries de radiateurs indirects ne sont pas munies de robinets.

On les raccorde par leur partie supérieure avec la distribution de vapeur, par une tuyauterie de diamètre assez gros pour la quantité maxi-

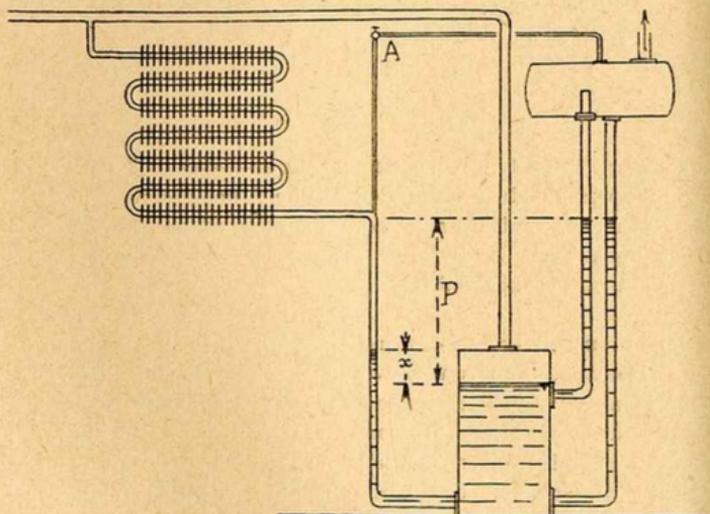


FIG. 193.

mum de vapeur qu'elles condenseront par les plus grands froids, et on fait revenir les retours d'eau condensée au-dessous du niveau de l'eau de la chaudière (*fig. 193*).

Dans ces conditions, en marche normale régulière, le fonctionnement est identique à celui du chauffage américain à deux tuyaux.

La condition à remplir est simplement de placer la batterie assez haut au-dessus du niveau de l'eau pour que la perte de charge produite par les résistances de la circulation, jointe à la dépression qui résulte de la condensation dans les surfaces de radiation, ne puisse faire remonter l'eau de la chaudière dans la batterie, ce qui pourrait vider la chaudière, et donner lieu à un coup de feu qui la mettrait hors de service. On a soin aussi de munir la batterie d'un purgeur d'air A, placé en un point haut, et raccordé à la batterie en un point qui ne soit jamais susceptible d'être atteint par l'eau.

Une bonne pratique consiste à raccorder le radiateur au purgeur d'air par un tout petit tuyau vertical, pour que la vapeur s'y condense avant d'arriver au purgeur d'air, et à prolonger ce tuyau au delà du purgeur d'air jusqu'au réservoir d'expansion.

De cette manière, la vapeur ne peut s'échapper; celle qui se condense

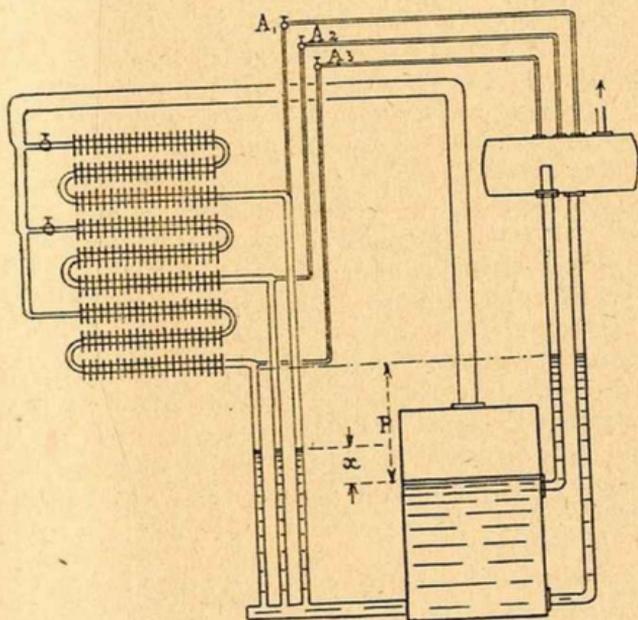


FIG. 194.

dans la conduite verticale redescend à la batterie; celle qui se condenserait au delà du purgeur, si celui-ci ne fonctionnait pas bien, reviendrait au réservoir d'expansion. Cette disposition fait aussi rentrer l'air dans la batterie quand la vapeur cesse d'arriver.

Comme ces batteries ainsi construites amènent une puissance de chauff-

fage presque invariable, quelle que soit la saison, certains constructeurs divisent la batterie en plusieurs parties, dont quelques-unes munies de robinets d'arrêt (fig. 194).

Ce sont, en réalité, des batteries indépendantes, que l'on superpose dans la même enveloppe, en ayant soin de laisser sans réglage la batterie inférieure, pour que l'eau ne gèle pas dans les parties supérieures quand les robinets seront fermés.

On descend séparément les tuyaux de retour d'eau condensée jusqu'au-dessous du niveau d'eau de la chaudière, et on purge l'air contenu dans chaque partie séparément, avec la tuyauterie et le purgeur d'air, comme s'il s'agissait de plusieurs batteries séparées.

De cette manière, la batterie n'est pas réglable comme le serait un radiateur, mais elle peut être divisée en plusieurs parties, permettant de diminuer d'autant sa puissance de chauffage, *en fermant complètement les robinets d'une ou de plusieurs parties.*

Il est évident qu'il faut fermer complètement ces robinets, pour que la pression atmosphérique s'établisse dans la batterie par le purgeur d'air, et empêche l'eau de la chaudière de remonter par suite du vide que tendrait à produire la condensation de la vapeur après la fermeture du robinet ; on ne peut donc fermer partiellement ce robinet, parce que, d'une part, le purgeur d'air ne s'ouvrirait pas et empêcherait l'air de revenir tant qu'il y aurait de la vapeur dans la batterie, et parce que, d'autre part, l'ouverture réduite du robinet ne laissant pas passer assez de vapeur pour remplir complètement la batterie, il s'établirait dans celle-ci une pression inférieure à la pression atmosphérique, qui ferait remonter l'eau de la chaudière.

On voit que l'installation des batteries est assez délicate et demande une étude sérieuse et toute l'habileté du constructeur. On ne saurait trop rappeler la quantité de chaudières mises hors de service par coup de feu ou rupture, par suite de l'incompétence de constructeurs qui avaient mal installé leurs batteries, et de fort nombreux procès ont été le résultat de cette incompétence.

Sections des canalisations. — On peut admettre dans les conduites de vapeur une vitesse assez considérable, 10, 12 et même 15 mètres de plus par seconde, sans aucun inconvénient, à la condition, toutefois, de tenir compte des résistances dans les conduites, de manière que la pression se maintienne sensiblement égale en avant de tous les robinets réglés placés sur les radiateurs.

S'il était possible de réaliser la condition d'égalité de pression en tous les points, on pourrait faire un réglage du chauffage depuis la chaufferie.

En effet, les ouvertures de jauge de tous les robinets réglés étant

établies pour une pression maximum donnée, on pourrait diminuer uniformément le débit de chaque régleur en diminuant la pression à la chaudière.

Malheureusement, ce résultat est à peu près impossible à obtenir en pratique, parce que, la vitesse étant proportionnelle à la pression, les résistances et pertes de charges ne sont pas proportionnelles dans le même rapport, et, quand on fait varier la pression à la chaudière, on ne fait pas varier uniformément la pression dans les conduites. Les appareils les plus rapprochés de la chaudière conservent un débit proportionnel à la pression réduite, mais ceux des extrémités reçoivent beaucoup moins de vapeur, et ils n'en reçoivent même plus du tout s'ils sont trop éloignés.

Il existe pourtant un moyen permettant d'obtenir ce résultat, tout au moins dans une certaine mesure, c'est d'employer des conduites de vapeur de diamètres assez gros, presque aussi gros que dans le chauffage américain à deux tuyaux, et de réserver les tout petits diamètres pour les branchements allant des conduites principales aux radiateurs.

Comme, en général, les conduites et colonnes principales sont disposées dans des coins sombres, ou dissimulées dans des gaines ou derrière des enveloppes, et que seuls les branchements sont apparents, cette disposition n'a pas d'autres inconvénients que d'augmenter la dépense d'installation.

Hélas ! nous le savons tous, cette question de dépense de première installation prime presque toujours toutes les autres. Combien de propriétaires et d'architectes se sont amèrement repentis d'avoir accepté les prix inférieurs d'un constructeur incompetent, et ont regretté la maigre économie d'installation, compensée, et bien au delà, par la suite, par les ennuis qu'ils ont eu à subir du fait d'un mauvais travail¹.

Le tableau ci-après a été calculé avec une vitesse de circulation de 15 mètres par seconde, une pression de vapeur de 100 grammes, et une perte de charge de 0,0007 par mètre. A cette pression, la température de la vapeur est de 102°, le poids d'un mètre cube est de 0^{kg},6284, et la quantité de calories abandonnées par la condensation :

$$606,5 + (0,305 \times 102) = 637,65,$$

dont 537 sont utilisées au chauffage, et 100 reviennent à la chaudière avec les eaux de condensation.

Les chiffres du tableau sont, du reste, approximatifs, et ne doivent

1. Nous ne saurions trop insister sur cette remarque, dont notre profession d'expert judiciaire nous montre chaque jour le bien-fondé. Combien de procès seraient évités, et quelles économies réaliseraient les propriétaires, si leur choix était déterminé, non pas par le moindre coût d'installation, mais par la plus grande perfection des systèmes d'appareils choisis.

être pris que comme des maxima, au-dessous desquels il est prudent de se tenir.

Les surfaces de radiateurs alimentés sont établies d'après le rendement indiqué dans le tableau page 80, pour la vapeur à la pression de 100 grammes :

Transmission par mètre carré.....	960 calories
Vapeur condensée par mètre carré.....	$\frac{960}{537} = 1\text{ kg,787}$

Les tuyauteries de retour pourraient être de très petits diamètres, le volume de l'eau de condensation étant seize à dix-sept fois moindre que celui de la vapeur ; mais, comme l'air doit circuler librement en même temps que l'eau, il est d'usage de ne réduire les dimensions des tuyaux de retour que de un à deux numéros par rapport à celles des tuyaux de vapeur correspondants.

DIMENSIONS DES TUYAUTERIES en pouces anglais		SURFACES DE RADIATEURS LISSES ALIMENTÉS AUX DISTANCES CI-DESSOUS DE LA CHAUDIÈRE :										
Vapeur	Retours	5"	10"	20"	30"	40"	50"	60"	80"	100"	120"	150"
1/4	1/4	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50						
3/8	3/8	1,45	1,40	1,35	1,30	1,25						
1/2	3/8	2,50	2,40	2,30	2,20	2,10		1,20	1,1			
3/4	1/2	5,35	5,25	5,15	5,05	4,95	4,85	4,75	4,50	4,25		
1	1/2	10	9,80	9,60	9,40	9,20	9	8,80	8,40	8		
1 1/4	3/4	16,45	15,95	15,75	15,55	15,35	15,15	14,95	14,65	14,35	14	13,40
1 1/2	3/4	23,75	23,50	23,25	23	22,75	22,50	22,25	21,75	21,25	20,75	20
2	1	37,10	36,80	36,50	36,20	35,90	35,60	35,30	34,70	34,10	33,80	32,90
2 1/4	1 1/4	53,45	53,10	52,75	52,40	52	51,70	51,35	50,65	49	48,25	47,20
2 1/2	1 1/4	64,65	64,25	63,85	63,45	63	62,65	62,25	61,45	60,65	59,85	58,65
2 3/4	1 1/2	76,95	76,50	76	75,50	75	74,50	74	73	72	71	69,50
3	2	100	99,50	99	98,50	98	97,50	97	96	95	94	92,50
3 1/2	2	120	119,25	118,50	117,75	117	116,25	115,50	114	112,50	111	108,75
4	2	155	154,20	153,40	152,60	151,80	151	150,20	148,60	147	145,40	143
4 1/2	2 1/4	186	185,10	184,20	183,30	182,40	181,50	180,60	178,80	177,20	175,40	173
5	2 1/2	230	229	228	227	226	225	224	222	220	218	215
5 1/2	2 3/4	270	268,90	267,80	266,70	265,60	264,50	263,40	261,20	259	256,80	253,50
6	3	334	332,80	331,60	330,40	329,20	328	326,80	324,40	322	319,60	316
7	3	454	452,70	451,40	450,10	448,80	447,50	446,20	444,60	442	439,40	435,50
8	3 1/2	594	592,60	591,20	589,80	588,40	587	585,60	583,80	581,40	579	575,40
9	4	751	749,50	748	746,50	745	743,50	742	739	736	733	728,50

OBSERVATION 1. — Ces surfaces de radiateurs comprennent la surface des tuyauteries de vapeur proprement dites, si celles-ci ne sont pas entourées d'un calorifuge.

OBSERVATION 2. — Les longueurs des tuyauteries sont toujours comptées, au total, depuis la chaudière jusqu'aux radiateurs, en ajoutant successivement les tuyauteries, même de plus gros diamètres, qui les précèdent jusqu'à la chaudière.

OBSERVATION 3. — Les longueurs de tuyauteries doivent s'entendre en longueurs droites, plus les longueurs relatives des coudes, tés, etc., comme nous l'avons dit pour les systèmes précédents.

OBSERVATION 4. — Les surfaces à ailettes alimentées sont plus grandes que les surfaces de radiateurs lisses, dans le rapport précédemment indiqué, inverse des puissances de radiation.

OBSERVATION 5. — Pour les distributions de vapeur en descendant, les surfaces alimentées doivent être diminuées de 1/10.

DISPOSITIONS SPÉCIALES NÉCESSAIRES POUR LE CHAUFFAGE RÉGLABLE EN CYCLE OUVERT

Le bon fonctionnement de ce système repose uniquement sur la marche continue et régulière de la chaudière, qui est l'organe principal du chauffage.

Considérations générales sur les chaudières. — Quel système de chaudière faut-il donc choisir?

Les idées que nous avons exprimées à ce sujet, dans la première édition de cet ouvrage, ont fait croire que nous sommes un adversaire systématique des chaudières en fonte. Rien n'est plus inexact.

Lorsque nous précisons quel régime absolu de régularité impose la théorie du chauffage réglable en cycle ouvert, nous avons pour seul but de fixer l'attention sur les constantes d'un appareil hypothétique, qu'il soit en fonte ou en tôle, répondant à toutes les conditions de principe.

Quand, passant ensuite de la théorie à la pratique, nous avons à choisir entre les chaudières qui sont offertes pour une installation de chauffage, nous examinons, non pas si elles sont en tôle ou en fonte, mais simplement si le numéro de série choisi est bien celui qui possède les proportions et les dispositions que nous estimons nécessaires.

Quelques entrepreneurs de chauffage ont leurs modèles de chaudières, étudiés et expérimentés par eux pour répondre aux conditions de la théorie. Si ces chaudières sont presque toujours en tôle, c'est surtout parce que le chiffre de vente ne justifierait pas l'établissement de l'atelier qui pourrait les usiner en fonte. Leur fabrication, en général, est coûteuse, la question de prix est donc négligée.

En nombre beaucoup plus considérable sont les entrepreneurs, le plus souvent non théoriciens, qui n'ont pas d'atelier de fabrication, ou ne font pas assez de travaux pour avoir leurs propres modèles. C'est à eux que nous nous adressons, car nous savons, par expérience journalière, que la plupart de leurs litiges proviennent de la chaudière, qu'ils ont mal choisie, parce qu'ils n'ont pas su interpréter le catalogue de leur fournisseur.

Les chaudières du commerce, en tôle aussi bien qu'en fonte, sont, sauf de rares exceptions, mal cataloguées. *Ce ne sont pas leurs puissances pratiques réelles qui sont mises en évidence, mais les éléments qui semblent les faire ressortir à des prix plus avantageux que ceux des chaudières concurrentes.* Ici, la question de prix intervient seule.

Et le mauvais fonctionnement de tant d'installations de chauffage par la vapeur à basse pression, le discrédit dans lequel tombe peu à peu ce

système, auquel le chauffage par l'eau chaude tend à se substituer de plus en plus, tant de procès et tant de pertes pour les entrepreneurs non théoriciens, ont pour principale cause la mauvaise interprétation des catalogues de leurs fournisseurs.

Un catalogue ne devrait pas avoir besoin d'être interprété ; il ne devrait contenir que des indications rigoureusement compréhensibles pour tous. Ici notre critique a le droit de s'exercer, et, sans être l'adversaire de telle ou telle chaudière ou de tel ou tel métal, nous déplorons l'inexactitude parfois, l'insuffisance presque toujours, des catalogues de la majorité des chaudières du commerce, qu'elles soient en fonte ou en tôle.

Dans le *chauffage en cycle fermé*, employé surtout en Angleterre et aux États-Unis, on peut, en raison des gros diamètres des tuyauteries, considérer celles-ci comme un véritable prolongement de la chaudière, un organisme annexe. Ce qui veut dire que, les vitesses de circulation étant relativement faibles, les pertes de charge dans les tuyauteries sont presque négligeables par rapport à la pression d'origine. On a donc peu à s'inquiéter des variations de pression à la chaudière, et la question de régularité de combustion et de vaporisation joue un rôle presque secondaire.

Nous pouvons ainsi nous expliquer que, dans ces pays, on ne se soit pas attaché à rechercher des chaudières dont la magasin de combustible alimente automatiquement la grille au fur et à mesure de la combustion, et qu'on s'accommode parfaitement des chaudières à grands foyers, dans lesquelles on charge à la fois le combustible nécessaire à la combustion de plusieurs heures, et dont la marche est essentiellement irrégulière.

Comme, d'autre part, la fonte se prête mieux que la tôle aux combinaisons de parcours des gaz chauds, à l'extension de la surface de chauffe suivant le moindre encombrement, comme elle permet la disposition en forme d'éléments, qui s'assemblent sur place et passent facilement par les portes des sous-sols, ceci suffit à expliquer la vogue des chaudières en fonte.

Le *chauffage en cycle ouvert*, à peu près seul employé en France, a besoin d'une régularité de pression beaucoup plus grande. Les tuyauteries étant de faibles diamètres, la vitesse de circulation est grande. Notre tableau, page 250, est établi pour des vitesses de 15 mètres par seconde, mais, pour employer des tuyaux plus petits on n'hésite pas à admettre des vitesses allant jusqu'à 20 et 25 mètres, ce qui n'a d'autre conséquence, si la vapeur est sèche, que d'augmenter les pertes de charge, et de nécessiter une pression plus importante à l'origine.

Plus le diamètre des tuyauteries est réduit, plus la régularité de pression est nécessaire à la chaudière, sous peine de ne plus alimenter les radiateurs éloignés lorsque la pression baisse.

Or, pour que la pression soit régulière à la chaudière, il faut que la com-



bustion soit elle-même régulière, et cette régularité dépend de deux facteurs : l'activité de la combustion sur la grille, et l'automatisme d'alimentation de cette grille en combustible.

Surface de grille nécessaire. — Avec l'anthracite, le plus souvent employé en France, et surtout à Paris, puisque les Compagnies du Gaz nous vendent le coke à un prix inabordable, l'allure de combustion en marche normale ne doit pas dépasser 30 kilogrammes d'anthracite par mètre carré et par heure, en marche maximum. Lorsque la combustion est plus active, ce que permettent facilement les hauteurs des cheminées de nos immeubles, la température du foyer est telle qu'il y a production de mâchefer : la grille se bouche, la combustion se ralentit, la pression de vapeur baisse, le chauffage devient irrégulier, les radiateurs éloignés ne recevant plus du tout de vapeur.

Lorsqu'on choisit une chaudière, en fonte ou en tôle, dans un catalogue, il faut donc, avant tout, considérer sa surface de grille. Les chiffres de 10.000, 12.000 et 15.000 calories indiqués à la colonne des puissances sont atteints quand la grille est propre, mais ne peuvent pas se maintenir sans dégrassement pendant plusieurs heures de marche, parce que la grille s'encombre de mâchefer. En limitant l'allure de la combustion à 30 kilogrammes par mètre carré de grille, on n'a jamais de mécompte, quelle que soit la marque de la chaudière choisie.

Magasins de combustible. — La question de l'automatisme d'alimentation de la grille est au moins aussi importante.

Nous disons qu'une chaudière est à *magasin de combustible* lorsque le charbon introduit dans ce magasin pour une marche de plusieurs heures n'arrive sur la grille et ne commence à entrer en ignition qu'au fur et à mesure de la combustion du charbon qui l'a précédé sur cette grille.

Ce magasin doit être entouré d'eau, pour éviter l'échauffement du charbon, qui distillerait avant d'arriver au foyer, en produisant des gaz dangereux et des explosions au moment de l'ouverture de la porte ou du couvercle de chargement.

Ce couvercle doit être lui-même à fermeture très hermétique, de préférence à bain de sable, pour éviter les rentrées d'air, qui produiraient la combustion du charbon dans le magasin, par tirage renversé.

Ce magasin doit être prolongé au-dessous du ciel du foyer d'une hauteur suffisante pour laisser au-dessus de la grille une chambre de combustion assez grande.

Il est d'une excellente pratique de faire arriver dans cette chambre des entrées d'air supplémentaires, quelquefois appelées *souffleurs*, pour assurer la combustion complète, et transformer en acide carbonique la petite

quantité d'oxyde de carbone dont le régime de marche lente aurait tendance à favoriser la production.

Il est très utile de brancher ces entrées d'air complémentaires sur la prise d'air générale, à la suite du clapet du régulateur, de manière qu'elles soient elles-mêmes soumises à son contrôle.

Grands foyers. — Peu de chaudières du commerce, et surtout de chaudières en fonte, ont véritablement un magasin de combustible. En réalité, elles sont simplement munies d'un *foyer de grande capacité*, capable de recevoir le charbon nécessaire à la marche de 4, 6, et même 8 heures.

Mais ce grand foyer ne constitue nullement un magasin de combustible, parce que toute la masse de charbon qu'il contient entre simultanément en ignition, ce qui produit toujours une grande irrégularité de marche.

Aussitôt après le chargement, et pendant une durée qui se prolonge souvent plus d'une heure pour les grosses chaudières, la pression tombe à zéro, le chauffage est nul dans les radiateurs éloignés.

Peu à peu, la combustion commence, la pression s'élève. Elle atteint son maximum, que le régulateur est souvent impuissant à modérer, lorsque toute la masse de charbon est en ignition. Il se produit alors des surpressions, des entraînements violents d'eau projetée dans les conduites de vapeur, et une émulsion intense, qui n'est pas sans danger. Des ruptures de chaudières en fonte n'ont pu être attribuées à une autre cause qu'à cette intensité accidentelle, la chaudière étant à un certain moment remplie d'un mélange de vapeur et d'eau, c'est-à-dire d'une émulsion, puis brusquement refroidie par un retour d'eau important.

Pendant toute la durée de la combustion active, la pression est très élevée, puis la combustion se ralentit peu à peu, et la pression revient progressivement à zéro.

Un chauffeur connaissant bien sa chaudière arrive à ne pas la laisser éteindre, malgré des intervalles de chargements répartis 3 ou 4 fois par 24 heures, mais il lui est impossible de maintenir sa pression, c'est-à-dire que les radiateurs ne reçoivent pas tous régulièrement de la vapeur.

Ajoutons que la combustion dans les chaudières à grands foyers se comporte presque comme dans les gazogènes. Les gaz traversent une épaisse couche de charbon en ignition, ce qui favorise la réduction en oxyde de carbone de l'acide carbonique produit sur la grille, et donne lieu à un très mauvais rendement. En général, la porte de chargement est munie d'une réglette d'entrée d'air au-dessus de la masse de charbon, mais la quantité qui pénètre ainsi est insuffisante. On peut le constater en ouvrant brusquement la porte de chargement ; l'air qui pénètre produit un mélange détonant et une explosion, avec un violent retour de flammes dangereux pour le chauffeur.

Ces explosions se produisent même sans ouverture de porte, si les chaudières ne sont pas rigoureusement étanches partout. Ce défaut est surtout remarqué pour certaines chaudières en tôle dont la tôlerie est défectueuse, ou sujette à déformations à cause de sa faible épaisseur et de son mauvais assemblage.

Surface de chauffe. — Un des plus gros griefs que nous pouvons faire aux catalogues de chaudières est l'indication de la puissance des appareils. Elle varie parfois d'une édition de catalogue à l'autre pour le même type de chaudière, pour suivre les prix d'un concurrent. Les catalogues anciens de certains fournisseurs montrent sur ce point un curieux mouvement d'augmentation de puissance pour une même chaudière, d'une édition à une autre. Les chiffres de 10.000, 12.000, 15.000 calories par mètre carré sont le plus souvent indiqués.

La question est ainsi mal posée.

Avec les tirages des cheminées de nos maisons de rapport, dont la hauteur équivalait à celle des cheminées d'usines, ces transmissions sont parfaitement possibles, mais à quel prix !

Les gaz quittent la chaudière à des températures de 400, 500, 600° et plus ; nous avons, en expertise, constaté souvent des tuyaux de départ au rouge sombre, c'est-à-dire à 700°. L'échauffement des chaufferies est un critérium du mauvais choix de la chaudière.

A ces températures, 20 à 30 0/0 de la puissance calorifique du combustible partent dans la cheminée ; le rendement utile tombe à 50 0/0 et même moins.

La température des gaz, lorsque la cheminée a un tirage suffisant, ne devrait pas dépasser 100 à 150° en marche normale, au départ ; 200° ne doivent être admis qu'exceptionnellement.

Ce résultat est atteint lorsque la surface de chauffe est égale de 20 à 25 fois celle de la grille, c'est-à-dire lorsque la combustion de 30 kilogrammes par mètre carré de grille correspond à 1^{kg},10 à 1^{kg},25 par mètre carré de surface de chauffe.

Dans ces conditions, la transmission est de 7.000 à 7.500 calories par mètre carré de surface de chauffe, et le rendement des chaudières peut atteindre et dépasser 80 0/0.

Ce gain de 20 à 30 0/0 dans le charbon dépensé est infiniment plus intéressant, puisqu'il se répète journellement, que la dépense de première acquisition d'une chaudière de surface plus ou moins grande.

Il n'est pas utile, du reste, d'avoir une circulation des gaz chauds autour de la chaudière. Si la surface de chauffe directe est bien établie, suivant la proportion ci-dessus, une enveloppe en maçonnerie ou en tôle, laissant un carneau de circulation autour de la surface exté-

rière, n'a aucun intérêt, une simple enveloppe calorifuge vaut mieux.

Entraînements d'eau. — Pour réduire au minimum les dimensions des tuyauteries, il est essentiel qu'elles ne transportent que de la vapeur sèche. Or, avec la division de l'eau en minces lames dans les chaudières de chauffage, et surtout dans les chaudières en fonte, la vapeur contient toujours une certaine quantité d'eau de *primage*, et souvent une proportion considérable d'eau *entraînée mécaniquement*.

Ce phénomène est dû à la très grande vitesse avec laquelle la vapeur traverse la surface du plan d'eau supérieur, ou *surface d'émerision*.

Lorsque la *vitesse d'émerision* dépasse $0^m,06$ par seconde, la vapeur entraîne de l'eau avec elle ; le volume d'eau entraîné atteint 10 0/0 du volume de la vapeur quand cette vitesse atteint $0^m,10$.

Pour que l'entraînement ne dépasse pas une proportion gênante, il faut que la surface d'émerision soit, au minimum, $0^m,0075$ par kilogramme de vapeur.

Or, aucun catalogue de fournisseur n'indique la surface d'émerision des chaudières offerles. C'est une lacune qu'il faudrait combler.

A défaut de ce renseignement, l'addition d'un séparateur d'eau au départ de la chaudière est indispensable.

Diamètres des départs de vapeur. — Si la section des tuyaux de départ est prévue pour une vitesse de la vapeur de 5 à 6 mètres par seconde au départ de la chaudière, la proportion d'eau entraînée diminue beaucoup. Après le séparateur, il n'y a aucun inconvénient à admettre des vitesses de 15, 20, 25 mètres, la limite étant celle de la pression à maintenir pour vaincre les pertes de charges correspondantes.

Nous voyons le plus souvent un seul départ de vapeur sur une chaudière. Avec les chaudières en fonte il en faudrait un pour chaque élément, ou, au minimum, un pour deux éléments. Les ruptures de chaudières sont souvent dues aux dénivellations qui se produisent en montant vers le tuyau de départ, lorsque la vitesse est trop grande.

Détails de construction. — Les *grilles à barreaux oscillants* permettent des décrassages plus faciles. On leur reproche cependant, en raison de la friabilité de l'antracite incandescent, de faire tomber dans le cendrier une quantité appréciable de petits morceaux non brûlés, ce qui donne lieu à une perte de charbon. Il ne faut donc pas les manœuvrer trop fréquemment ni trop longuement.

Certains constructeurs préconisent les *grilles en barreaux creux, à circulation intérieure d'eau*. Elles ont l'inconvénient d'épaissir les barreaux, de diminuer la valeur des entrées d'air, et elles n'ont pas gros intérêt

comme augmentation de la surface de chauffe. Nous aimons mieux les grilles minces, laissant des entrées d'air moins larges, qui laissent tomber moins de menus au cendrier.

On a toujours avantage à disposer le *foyer intérieurement*, de manière que ses parois soient entourées d'une mince lame d'eau, qui permet l'utilisation complète de la chaleur de rayonnement.

Il est bon que les *portes de foyer et de cendrier* soient rendues solidaires, pour qu'une négligence de chauffeur ne puisse laisser arriver accidentellement au-dessous de la grille un afflux d'air non contrôlé par le régulateur. De nombreuses ruptures de chaudières en fonte n'ont pas eu d'autres cause.

Enfin, nous croyons devoir attirer l'attention sur le *défaut de solidité des portes et organes* de certaines chaudières du commerce, qui se déforment rapidement, et constituent autant d'entrées d'air intempestives, annulant le réglage automatique et nuisant à la bonne marche de l'installation.

Régulateurs automatiques de pression et de combustion. — Ces appareils sont indispensables. Ils doivent agir simultanément sur l'entrée d'air à la grille et sur le tirage à la cheminée.

Les entrepreneurs ne font presque jamais l'analyse des gaz de la combustion, de sorte qu'ils sont assez mal documentés sur le résultat de l'action de leur régulateur pour le rendement de la chaudière.

La puissance calorifique d'un combustible n'est bien utilisée que si la combustion est complète, c'est-à-dire si tout le carbone est transformé en acide carbonique (CO_2).

Lorsque la combustion est incomplète, les gaz contiennent à la cheminée de l'oxyde de carbone (CO), parfois du méthane (CH_4), des hydrocarbures, et principalement de l'éthylène (C_2H_4), et de l'hydrogène (H) à l'état libre, provenant de l'humidité contenue dans le charbon.

1 kilogramme de carbone brûlant en acide carbonique dégage, d'après Berthelot, 8.137 calories ; à l'état d'oxyde de carbone ce chiffre est réduit à 2.440, d'où une perte de 5.697 calories.

La perte par kilogramme de méthane non brûlé est de 11.994 calories ; par kilogramme d'éthylène 11.400 calories ; par kilogramme d'hydrogène 28.820 calories, en déduisant les calories emportées par la vapeur d'eau que produit leur combustion.

Suivant la plus ou moins grande proportion de ces gaz dans le mélange qui s'échappe à la cheminée, l'utilisation du combustible peut donc être extrêmement différente.

Or, non seulement la trop grande épaisseur de charbon incandescent dans les chaudières à grands foyers influe défavorablement sur la compo-

sition des gaz de la combustion, mais encore une réduction du tirage, due à une introduction d'air froid dans les gaz chauds, produit un résultat analogue : elle augmente la teneur en oxyde de carbone ¹.

Nous en concluons donc que *la pratique de réduire l'allure de marche des chaudières par les coupe-tirages est défectueuse, et que, de même que les régulateurs réalisent la réduction du volume d'air introduit sous la grille par une diminution de section de l'ouverture d'entrée, de même il est désirable qu'ils réduisent le tirage de la cheminée par un étranglement variable de la section de passage, et non pas par une introduction d'air froid dans la cheminée.*

Quel que soit le type de régulateur, à membrane, à eau, à mercure, il doit donc :

- 1° Diminuer progressivement l'admission d'air sous la grille ;
- 2° Diminuer en même temps la section de passage à la cheminée, sans pouvoir la fermer complètement, pour éviter les refoulements. Cette deuxième action doit se produire solidairement avec la première, mais avec quelques secondes de retard, pour que les gaz produits au foyer aient eu le temps de s'échapper à la cheminée avant sa fermeture.

En plus de cette question de principe, quelques détails de construction doivent être observés :

1° Réduire au minimum les articulations, éviter les renvois par chaînes et poulies, préférer les clapets horizontaux, qui s'abaissent librement sur une ouverture, à ceux en forme de portes à charnières, parce que, dans l'humidité et la poussière, les articulations se rouillent, et cessent de fonctionner ;

2° Éviter de placer ces clapets sur des parties ouvrantes de la façade ou de ses portes. Cette pratique est défectueuse, parce qu'elle favorise les accrochages et les ruptures de chaînes, les coincements d'axes, etc. Il vaut mieux placer le clapet sur une partie fixe, et de préférence sur le côté, pour laisser la façade libre pour les manipulations du foyer.

Un régulateur bien construit et bien réglé, quel qu'en soit le type, doit s'ouvrir ou se fermer pour de très légères variations de pression. Son action doit être assez constante pour que l'aiguille du manomètre reste à peu près fixe.

Régulateurs à membranes. — Ce sont les moins coûteux, mais aussi les moins sensibles et les moins sûrs.

La pression de vapeur agit, par l'intermédiaire d'un syphon d'eau, au-dessous d'une membrane élastique, le plus souvent en caoutchouc, placée

1. *Fonctionnement du Chauffage Central*, par DE GRAHL, traduction de SCHUBERT.— Librairie Dunod et Pinat.

entre deux lentilles creuses en fonte. Les déformations de la membrane se transmettent à un levier oscillant, qui agit lui-même sur les organes de réglage de l'entrée d'air et du tirage. Un ou plusieurs contrepoids, glissant sur le levier, déterminent les pressions pour lesquelles les déformations de la membrane font osciller ce levier.

Un premier défaut est que l'élasticité de la membrane varie avec le temps ; le chauffeur doit donc régler lui-même la position des contrepoids sur le levier, qui ne peut être déterminée par une règle fixe.

Lorsque la membrane est en caoutchouc, elle se casse au bout d'un temps variable avec sa qualité. Elle donne donc lieu à des remplacements périodiques.

Un second défaut est celui des articulations. On devrait les réduire à deux, celles indispensables pour le levier et sa tige de commande, et placer les ouvertures d'entrée d'air et d'évacuation de fumée au-dessous des extrémités du levier, les clapets de fermeture étant suspendus à des chaînes ou tiges, sans renvois et sans articulations. Il n'en est malheureusement pas ainsi dans la pratique.

Régulateurs à eau. — Ce sont de simples syphons d'eau.

Dans la disposition la plus habituelle, une branche reçoit la pression de la chaudière, l'autre est ouverte dans l'atmosphère. Elle contient un flotteur qui se meut verticalement et dont les mouvements sont transmis à un levier, qui agit sur les clapets de réglage.

La disposition est donc la même que celle des régulateurs à membranes, et attire les mêmes remarques.

Certains constructeurs adoptent pour la branche ouverte un dispositif à joint de mercure, et en profitent pour donner improprement à leurs appareils le nom de régulateurs à mercure, auquel ils n'ont aucun droit.

Dans d'autres types, l'une des branches est raccordée à l'autre par une tubulure flexible. L'augmentation de pression, refoulant un certain volume d'eau, augmente le poids, et produit un déplacement, qu'on amplifie par des leviers et des contrepoids variables. Cette complication de leviers porte en elle-même la critique de ces appareils.

Enfin, dans un troisième type, auquel on ne peut reprocher que ses dimensions d'encombrement, il n'y a ni flotteur ni contrepoids. L'air nécessaire à la combustion circule au-dessus de la colonne ouverte à l'air libre, de sorte que les mouvements d'ascension ou de descente de l'eau diminuent ou augmentent la section de passage. Ces régulateurs ne permettent que le contrôle de l'entrée d'air au cendrier, et n'agissent pas sur le tirage de la cheminée.

On les complète par un petit registre très léger, dit *registre de dépression*, placé sur la cheminée, et qui s'ouvre automatiquement lorsque le

tirage est trop grand, pour laisser pénétrer un volume d'air qui refroidit les gaz et ralentit l'allure de combustion. Cette disposition, imaginée il y a une trentaine d'années par Choubersky pour ses poêles, a, comme nous l'avons expliqué, l'inconvénient de diminuer le rendement à la chaudière ; elle est donc sujette à critique.

Régulateurs à mercure. — Ces appareils sont de simples syphons, avec un flotteur, analogues aux régulateurs à eau dont nous avons parlé, et le mercure remplaçant simplement l'eau. En raison de la densité du mercure, les déplacements verticaux du flotteur sont moins importants, d'où nécessité d'une multiplication pour le levier de manœuvre du clapet.

Ce sont des appareils de précision, tant par leur construction que par le réglage du contrepoids mobile.

Ils sont munis de dispositifs de sûreté évitant la projection du mercure à l'extérieur en cas de surpression, ou son aspiration à la chaudière lorsque, au moment de l'arrêt, la condensation de la vapeur tend à produire le vide. Le mercure est en général surmonté d'une couche d'huile ou de pétrole pour en éviter l'oxydation.

Ils sont très sensibles, et permettent le réglage pour des variations de pression très faibles, de 10 en 10 grammes et même moins.

Mais ils ne peuvent agir que sur l'entrée d'air sous la grille, et on les complète le plus souvent par le clapet de dépression que nous avons précédemment critiqué.

ACCESSOIRES DES CHAUDIÈRES

Manomètres. — Il est nécessaire d'avoir des *manomètres* très sensibles, en raison des basses pressions auxquelles marchent les chauffages. Les manomètres à très grands cadrans, gradués de 5 en 5 grammes, sont désirables, malheureusement ils coûtent cher, et les chaudières du commerce sont souvent déshéritées à ce point de vue.

On doit les fixer en un point de la chaudière ou l'ébullition n'est pas tumultueuse. Leur vraie position est sur le départ de vapeur, à la suite du séparateur d'eau, pour qu'ils ne soient pas influencés par les brusques à-coups des entraînements d'eau, et avec un siphon d'entrée pour que la vitesse d'écoulement de la vapeur ne fausse pas leurs indications.

Indicateurs de niveau d'eau. — Deux robinets de jauge et un indicateur de niveau d'eau sont réglementaires. Le plus souvent on se contente, malgré sa fragilité, d'un indicateur à tube de verre, même non protégé. Il y aurait intérêt à employer un indicateur à reflet coloré, car la ques tion

de contrôle du niveau de l'eau est capitale, principalement avec les chaudières en fonte, un manque d'eau pouvant provoquer leur rupture.

Soupape de sûreté. — L'usage est de placer une seule *soupape de sûreté*, soit sur la chaudière, soit sur son départ de vapeur, bien que le règlement ne l'impose pas lorsque la chaudière est en communication avec l'atmosphère par un tube ou un réservoir de sûreté.

Appareils divers. — Quelques constructeurs ajoutent un *sifflet d'alarme* ou un *indicateur électrique* pour le manque d'eau et pour l'excès de pression.

D'autres, pour tenir compte de l'insécurité relative des régulateurs, ajoutent un *syphon d'eau* avec une ou deux tubulures de trop-plein.

La première aboutit au-dessus d'un *seau de sûreté* formant contrepoids de manœuvre d'un registre placé sur le tuyau de fumée. Lorsqu'un excès de pression accidentel refoule l'eau dans ce seau, le registre se ferme, la combustion se ralentit, et le foyer s'éteint même si le chauffeur ne s'aperçoit pas rapidement de l'incident.

La deuxième tubulure, placée plus haut que la première, est prolongée par un *tuyau qui déverse l'eau dans le foyer et éteint le feu*, si l'arrêt du tirage n'a pas suffi. Cette méthode est un peu brutale, et nous ne verrions pas sans un certain sentiment de crainte une vaporisation soudaine de cette eau ainsi projetée dans le foyer.

Alimentation. — L'*alimentation* se fait en général par un *simple robinet* placé sur une conduite raccordée à une distribution d'eau de ville, ou à un réservoir placé à un niveau supérieur.

Cette méthode est très suffisante, car il n'y a qu'un ou deux litres à ajouter chaque jour. Nous conseillons cependant de placer deux robinets successifs, pour éviter que la chaudière ne s'emplisse si l'un des robinets vient à fuir.

Certains constructeurs assurent une *alimentation automatique*, soit par un *flotteur*, soit par un *appareil qui se dilate et ouvre un robinet d'eau* quand le niveau vient à baisser au-dessous d'un tuyau spécial qui amène alors la vapeur à l'alimentateur et l'amorce. Nous n'aimons ni l'un ni l'autre de ces appareils, qu'un grain de calcaire suffit à dérégler, et qui ne donnent qu'une sécurité trompeuse. Nous estimons qu'une simple alimentation par robinet suffit; elle oblige le chauffeur à un contrôle journalier qui n'est pas sans intérêt.

TUYAUX DE FUMÉE

Le *tirage* d'une cheminée varie avec sa hauteur et avec la température des gaz chauds. Le calcul n'en serait possible que si on connaissait, pour chaque type de chaudière, la dépression à produire au départ pour assurer un parcours convenable des gaz dans les carreaux.

Faute de ces renseignements, qui devraient figurer sur tous les catalogues de chaudières, on prend souvent des cheminées trop petites, qui n'assurent qu'un mauvais tirage, ou des cheminées trop grandes, qui donnent lieu à la condensation de la vapeur d'eau contenue dans les gaz chauds, et au bistre qui en est la conséquence.

Souvent encore, pour les types de chaudières dans lesquelles le parcours des gaz se divise intérieurement en deux courants symétriques, on fait un mauvais raccordement à la cheminée, et, en réalité, une seule moitié de la chaudière fonctionne. Combien avons-nous vu de procès dus à cette simple cause, dont le constructeur ne s'était pas aperçu !

Quand on ne connaît que la hauteur de la cheminée, on peut admettre que sa section peut varier entre le $1/8$ et le $1/10$ de la surface de grille. Mais le mieux est de faire un calcul exact pour chaque installation, basé sur la dépression à donner au départ de la chaudière, que son constructeur doit obligatoirement indiquer à première demande.

La position et la nature de la cheminée ont un gros intérêt. Les *cheminées en tôle* bistront et se détériorent rapidement, il faut les éviter. Les *cheminées dans les murs de façade ou les murs pignons* ont le même défaut. Il faut placer les *cheminées à l'intérieur* des bâtiments, en un point où la chaleur qu'elles dégagent ne risque pas d'être gênante, et où, si elles bistront, on ait la possibilité de réparer sans gêner les occupants.

Les règlements de Paris obligent à construire les *cheminées en briques*, d'au moins 0,13 d'épaisseur, enduit compris, et $0,20 \times 0,20$ de section minimum. Nous ajoutons qu'il faut les construire en bonnes briques, bien dures et bien cuites, comme les briques de Vaugirard, et de 0,22 d'épaisseur si on le peut. Les joints doivent être peu épais, bien réguliers, en bon mortier de chaux hydraulique et de sable fin, gâché très serré.

Les architectes et les entrepreneurs doivent toujours penser aux fort nombreux procès auxquels a donné lieu la question des cheminées.

CONCLUSION

En résumé, nous ne sommes pas, par principe, l'adversaire des chaudières en fonte, et nous en avons personnellement employé beaucoup. Mais nous déplorons le peu de désir que montrent certains fournisseurs d'améliorer quantité de petits détails qui nuisent beaucoup à la marche régulière de leurs appareils, et nous critiquons surtout la manière dont ils cataloguent les puissances.

Tant de difficultés, tant de procès n'ont pas d'autre cause que l'acceptation irraisonnée de leurs indications, par leurs clients imprudents ou non théoriciens ! Ils rendraient un véritable service à l'industrie du chauffage en s'abstenant d'indiquer des puissances en calories, et en se bornant à mentionner les surfaces de chauffe, surfaces de grilles, surfaces d'immersion, dépressions à produire au départ de fumée, ainsi que la manière d'utiliser ces renseignements pour ceux qui ne la connaissent pas.

Nous sommes persuadé que la fragilité des chaudières en fonte et les ruptures consécutives ne seraient nullement à redouter si ces appareils étaient employés judicieusement.

Quant aux chaudières en tôle, auxquelles on reproche leur peu de durée¹ il suffit de les bien entretenir pour les faire servir 12, 15 et même 20 ans. Les nettoyer dès leur arrêt après la saison de chauffage, gratter le foyer, enlever la suie des tubes et des carneaux, goudronner toutes les parties en contact avec le feu, les cendres, les gaz chauds, vider l'eau, enlever les boues, puis remplir complètement jusqu'au départ de vapeur, voilà qui suffit pour leur faire passer sans mal la saison d'été, et pour leur assurer une longue existence.

1. L'expérience de la guerre de 1914-1918 fera revenir beaucoup de gens sur la faveur exclusive qu'ils accordaient aux chaudières en fonte. C'est par centaines que, au cours de l'hiver 1916-1917 pendant lequel le charbon a manqué, l'eau a gelé dans les chaudières. Les chaudières en tôle ont toujours pu être réparées rapidement au moyen de la soudure autogène; les chaudières en fonte ont été rompues, et irrécupérables. Il a fallu les remplacer, à grands frais.

CHAPITRE XIII

ÉTUDE DE CERTAINES DISPOSITIONS DE CHAUFFAGE PAR LA VAPEUR A BASSE PRESSION

Une des grandes difficultés du chauffage par la vapeur à basse pression est la question du réglage de l'émission de la chaleur par les surfaces chauffantes et les radiateurs.

Nous avons montré au chapitre XII (p. 223) comment, avec le système de chauffage dit en cycle ouvert, on place, en avant du radiateur, un organe réduisant l'admission de vapeur dans le radiateur à la quantité maximum que la surface de celui-ci lui permet de condenser. Nous avons expliqué que ces organes sont de véritables détendeurs, ou réducteurs de pression, et que, par suite, il n'existe dans le radiateur qu'une pression de vapeur à peu près nulle. En réalité, la vapeur est, pour ainsi dire, détendue à la pression atmosphérique, et sa température est voisine de 100°.

Quand le robinet de réglage est ouvert en grand, la température du radiateur est donc d'environ 100° pour tous ses éléments, sauf le dernier, qui ne contient qu'un mélange d'air et de vapeur, celle-ci en très faible proportion, pour qu'on soit toujours sûr qu'il n'en pourra passer dans le tuyau de retour.

Il semble ainsi possible, en théorie, de régler la puissance de chauffage d'un radiateur en fermant partiellement, suivant une graduation convenable, le robinet de ce radiateur, indépendamment de l'organe de réglage, qui reste toujours dans la position établie par le constructeur.

En pratique, cette question de réglage est beaucoup plus délicate, parce que, en général, les robinets ne sont pas des appareils parfaits, parce qu'il est excessivement difficile de régler leur position d'ouverture, et que, le plus souvent, à peine sont-ils légèrement déplacés de leur position de fermeture, qu'ils sont ouverts presque en grand.

Si on considère, en effet, un robinet à clapet, la fermeture s'obtient en obstruant l'orifice d'arrivée, qui correspond à un cylindre de diamètre D , par un clapet qui vient s'appliquer sur l'ouverture circulaire (*fig. 195*).

Lorsque le robinet est ouvert en grand, la section d'ouverture est égale à celle du cercle de diamètre D , soit :

$$\omega = \pi \times \frac{D^2}{4}$$

Lorsque le robinet est partiellement ouvert, c'est-à-dire lorsque le clapet est soulevé au-dessus de son siège d'une hauteur h , la section d'ouverture est égale à la surface extérieure d'un cylindre de diamètre D et de hauteur h , soit :

$$\omega' = \pi Dh$$

On voit que, pour que $\omega = \omega'$, il faut et il suffit que :

$$Dh = \frac{D^2}{4}$$

ou :

$$h = \frac{D}{4}$$

C'est-à-dire que, pour un robinet d'un diamètre $D = 15$ millimètres, par exemple, il faut que :

$$h = \frac{0,015}{4} = 0,00375 \text{ m, } 3,75 \text{ mm.}$$

On voit qu'il suffit de lever le disque de $3,75$ mm, c'est-à-dire de tourner le volant du robinet de moins d'un tour, pour qu'il soit ouvert en grand.

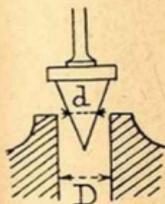


Fig. 196.

Si on remplace le clapet par un cône renversé pénétrant dans l'orifice circulaire du robinet, on obtient de suite un réglage beaucoup plus facile (fig. 196).

La section de l'ouverture libre est, en effet, égale à celle d'une couronne dont le grand diamètre D est celui de l'orifice du robinet, et le petit diamètre d est celui du cône au plan de passage :

$$\omega = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

En employant un cône de grande hauteur, c'est-à-dire dont la génératrice est peu inclinée sur l'axe, on a une succession de diamètres d décroissant très lentement ; il est donc facile d'obtenir de très faibles variations de réglage avec un mouvement relativement important du volant de manœuvre.

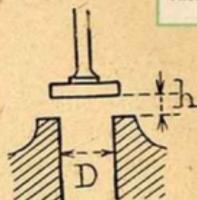


Fig. 195.

RECHERCHE DES ANTÉRIORITÉS

L'Américain Frédéric Tudor semble être le précurseur du chauffage réglable, puisque, de 1875 à 1885, il prit, en Amérique, une série de brevets, dont les particularités se retrouvent d'une manière frappante dans presque tous les systèmes allemands et français actuellement en usage sur le continent européen.

A la suite d'une communication sur les systèmes de chauffage par la vapeur à basse pression que l'auteur de ce livre eut l'honneur de présenter, en 1901, à l'American Society of Heating and Ventilating Engineers, de New-York, une grande discussion, commencée au sein de la Société, et continuée ensuite dans la presse technique des États-Unis en 1901 et 1902, a mis en valeur toutes les analogies, qu'il semble du plus haut intérêt de rappeler ici.

Les articles du journal *Engineering Review*, de New-York, et principalement ceux de septembre et octobre 1901, offrent le plus grand intérêt, si on les rapproche du fameux ouvrage allemand du professeur Rietschel, conseiller intime du Gouvernement allemand, de Charlottenbourg, *Lüftungs und Heizungs Anlagen*, qui décrit les systèmes employés en Allemagne, et si on les compare aussi avec les catalogues des principales maisons allemandes et françaises.

Les recherches d'antériorité ci-dessous, qui pourraient être rattachées au chapitre II de notre *Historique* du chauffage, sont un résumé des diverses polémiques de la presse technique américaine, et l'auteur lui en laisse la responsabilité.

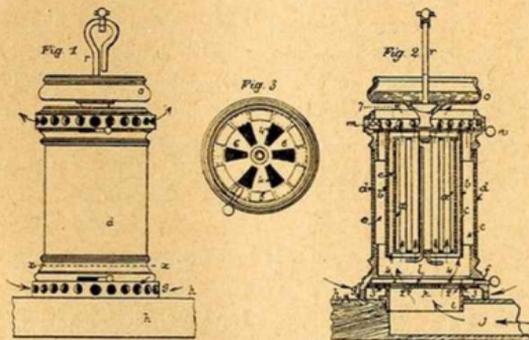


FIG. 197.

Premier brevet Tudor, n° 184145, de 1875. — La première méthode de réglage à laquelle avait pensé M. Frédéric Tudor consistait à disposer

des surfaces de chauffe ou radiateurs, sans aucun robinet de réglage, d'enveloppes fermées, munies à la partie basse d'une ouverture de prise d'air avec registre de réglage, et à la partie haute d'ouvertures, également réglables, pour l'émission d'air chaud.

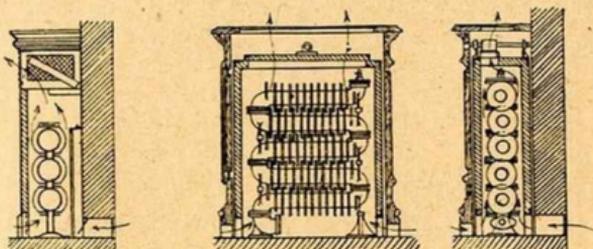


FIG. 198.

Le fonctionnement et la méthode de réglage de cet appareil s'expliquent d'eux-mêmes (*fig. 197*).

En faisant varier l'ouverture des registres d'air froid et d'air chaud, on augmente ou on diminue la quantité de chaleur émise par le radiateur, pendant que la puissance de condensation de ce radiateur varie également avec le volume d'air qui passe au contact de sa surface, et avec la vitesse de passage.

Frédéric Tudor fit la première application de ce système en 1876, à Boston, dans un bâtiment à usage de bureaux, et aussi à l'hôtel Cluny, où elle était encore en fonctionnement en 1901, au moment de la discussion.

Une disposition identique est représentée dans l'ouvrage du professeur Rietschel (*fig. 4 et 5*, vol. II, table 16), et attribuée par ledit auteur à MM. Bechem et Post, de Hagen (Allemagne) (*fig. 198*).

Cette disposition est adoptée par toutes les maisons de chauffage françaises et allemandes pour les appareils dissimulés; et le système de chauffage par gaines, dont tant d'installations ont été faites en France par M. Anceau, MM. Pommier et Delaporte, ses successeurs, et par nombre d'autres constructeurs, n'en est qu'une variante qui en rappelle tous les principes (*fig. 199*).

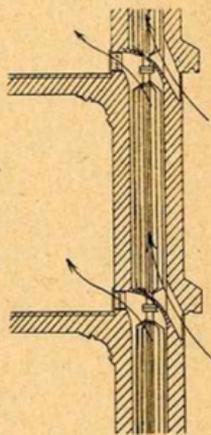


FIG. 199.

Deuxième brevet Tudor, n° 278636, du 28 mai 1883. Chauffage mixte par l'eau et la vapeur. — Les parties principales sont la chau-

dière A, le réservoir d'expansion H, le radiateur K, et un radiateur direct, placé plus haut, et représenté sur le dessin en lignes ponctuées (fig. 200).

Les points très spéciaux sur lesquels l'attention doit se porter sont : d'abord le réservoir purgeur O, qui agit à la fois comme soupape de sûreté pour le système, et comme purge d'air pour le radiateur indirect, et le tuyau de sûreté I, ouvert au-dessus du réservoir d'expansion.

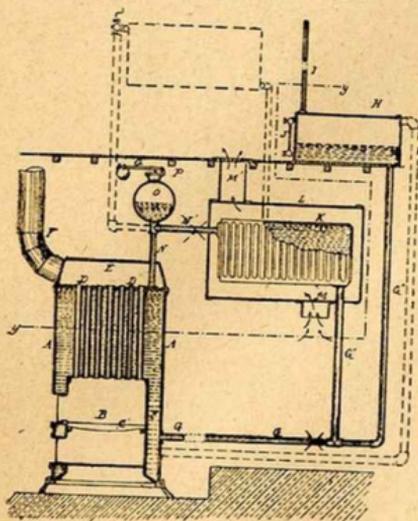


FIG. 200.

Si, dans cet appareil, on pousse le feu suffisamment pour produire de la vapeur, celle-ci chasse l'eau du réservoir O et du radiateur K, d'où elle revient à la chaudière par le tuyau G'. Il s'établit alors un niveau d'eau suivant la ligne *yy*, c'est-à-dire que l'eau s'élève dans le réservoir d'expansion et le tuyau I, et qu'elle s'échapperait par celui-ci si la pression tendait à monter plus haut que la limite permise.

Dans ce but, la capacité du réservoir d'expansion et la hauteur du tuyau de sûreté doivent être convenablement proportionnées avec le volume d'eau contenu dans le système.

Ces conditions étant remplies, l'appareil peut fonctionner comme système à vapeur, et est muni, du reste, du régulateur ordinaire réglant la combustion du foyer.

Quand la température de la vapeur n'est plus nécessaire, on règle le régulateur pour diminuer l'intensité du feu, la vapeur contenue dans le réservoir O et les radiateurs se condense, l'eau redescend du tuyau d'échappement et du réservoir d'expansion, remplit alors la chaudière et les radiateurs indirects, qui fonctionnent en tout ou en partie comme chauffage à eau chaude.

Il est excessivement curieux de rapprocher ce brevet Tudor, du 28 mai 1883, de la description du chauffage Kœrting (Rietschel, fig. 7), plus complètement décrit encore dans le *Catalogue* en français de la maison allemande Kœrting (Pl. 70 bis, 1890).

Si on examine la figure 1 de ce *Catalogue*, intitulée : *Disposition générale du chauffage par la vapeur à basse pression et de son réglage par*

syphons d'eau, on retrouve l'application de tous les principes décrits dans le brevet précédent (fig. 201).

Tous les radiateurs HH et H'H', qui sont placés à un même niveau, sont raccordés par des tubes en syphon rrr et r'r'r' à des récipients W et

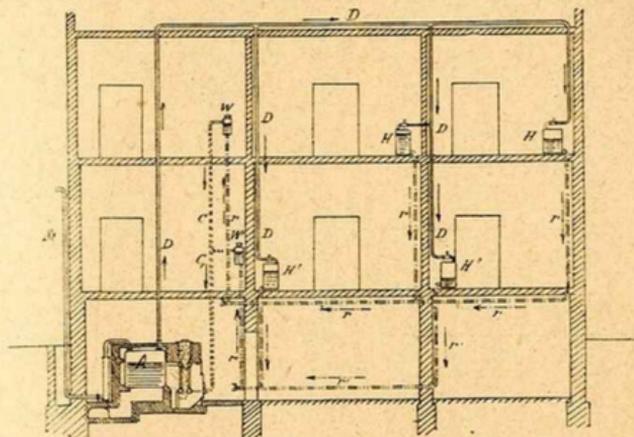


FIG. 201.

W', respectivement placés à peu près au même niveau que les radiateurs auxquels ils correspondent.

Ces récipients W et W' ont un volume total égal à celui des radiateurs ; ils communiquent avec l'atmosphère, et sont munis d'un tuyau de trop-plein C et C₁, qui constitue le retour d'eau condensée revenant à la chaudière A.

On comprend facilement le principe de ce système. Les radiateurs sont remplis de vapeur tant que celle-ci a une pression suffisante pour maintenir la pression hydrostatique correspondante à la colonne d'eau du réservoir W et W'. Ils ont donc à ce moment le maximum de leur puissance de radiation.

Mais si, au moyen de robinets de réglage, on diminue l'admission de vapeur aux radiateurs, la pression de vapeur diminue dans ceux-ci, plus ou moins, suivant le degré d'ouverture du robinet correspondant, et, en vertu de l'équilibre hydrostatique, une partie de l'eau contenue dans les réservoirs W ou W' rentre dans les radiateurs, en réduisant la capacité remplie de vapeur, c'est-à-dire la puissance de radiation de chacun de ces appareils.

On peut donc diminuer ainsi à volonté, par la simple manœuvre d'un robinet, la puissance de chauffage d'un radiateur quelconque, sans diminuer celle des autres appareils.

On retrouve encore dans Rietschel (*fig. 6*) la description d'un chauffage attribué à M. Kauffer et C^{ie}, de Hanovre, qui est une variante de ce système.

Le système Kauffer a été décrit en détail dans le *Gesundheits-Ingenieur* (1886, n^o 13), sous la signature de M. Hermann Fischer, professeur à l'Académie technique de Hanovre.

Les radiateurs sont munis d'un robinet de réglage, et les tuyauteries de retour sont prolongées par un tuyau d'air *f*, qui communique avec une sorte de gazomètre *g*.

Quand la pression de vapeur dans les radiateurs est maximum, tout

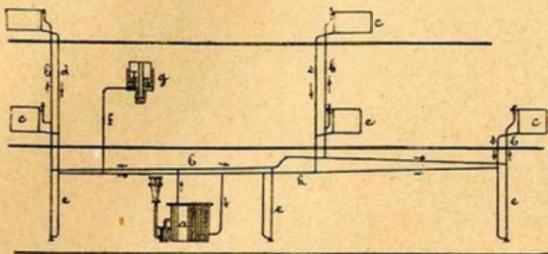


FIG. 202.

l'air est chassé par les tuyaux de retour, et s'accumule dans la cloche du gazomètre *g* (*fig. 202*).

Quand la pression diminue dans un radiateur, par la fermeture en tout ou en partie de son robinet de réglage, une partie de l'air retourne par le tuyau *f* dans le radiateur, et celui-ci, alors rempli d'un mélange de vapeur et d'air, a une puissance de chauffage diminuée de plus en plus, à mesure que la proportion d'air contenue dans le radiateur augmente.

MM. Kauffer et C^{ie} ajoutent que, outre la possibilité de réglage de la puissance de chauffage, ce système a l'avantage d'employer toujours le même air. Celui-ci est alors bientôt désoxygéné, et ne peut plus, ensuite, rouiller l'intérieur des tuyaux et des radiateurs.

On retrouve un système analogue dans le *Catalogue français Kœrling frères* daté de janvier 1896.

Les conduites de retour *c, c, c, c*, rentrent à la chaudière par la partie basse. Elles sont raccordées entre elles, au plafond du sous-sol, par une conduite *A*, qui est une conduite d'air. Cette conduite aboutit à un réservoir *R'*, placé au-dessous d'un réservoir *R*, avec lequel il communique par un tuyau formant syphon, *W*. Ce réservoir *R* est lui-même en communication avec l'atmosphère par un tuyau ouvert *l* (*fig. 203*).

A la mise en route, le réservoir *R'* est rempli d'eau, et tous les robinets des radiateurs sont réglés pour que, sous une pression maximum, par

exemple 0^m,300, les radiateurs soient remplis de vapeur jusqu'au raccord avec la tuyauterie de retour, mais sans que la vapeur puisse arriver à cette tuyauterie.

C'est la position qui correspond à la puissance de chauffage maximum des radiateurs.

Quand on allume la chaudière, et que celle-ci est en pression au maxi-

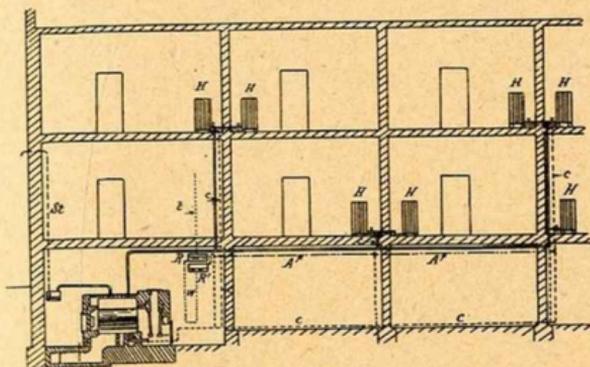


FIG. 203.

mum prévu, 0^m,300, la vapeur remplit les radiateurs, et refoule l'air qu'ils contenaient, par le tuyau A, dans le réservoir R'. L'eau que contenait celui-ci est repoussée par le syphon W dans le réservoir R, et, si la capacité de chacun de ces deux réservoirs est égale à la capacité de vapeur de la chaudière au-dessus de son niveau d'eau, plus celle des radiateurs et des tuyauteries, le système est en équilibre quand tout l'air a été refoulé dans le réservoir R'.

Si maintenant on ferme partiellement le robinet de réglage d'un des radiateurs, l'équilibre est rompu, parce que, dans ce radiateur, la pression de la vapeur diminue, et l'eau du réservoir redescend en partie dans le réservoir R', refoulant une certaine quantité d'air dans le radiateur considéré.

Ce radiateur est donc maintenant rempli par un mélange d'air et de vapeur, à une température plus basse que celle de la vapeur seule, en vertu de la loi sur les mélanges de gaz et de vapeurs, et, par suite, sa puissance de chauffage est diminuée.

Dans ce système, on fait donc varier la puissance de radiation des appareils par la manœuvre d'un simple robinet, qui règle la quantité de vapeur à laquelle viendra automatiquement se mélanger un volume d'air suffisant pour que l'appareil soit toujours plein du mélange d'air et de vapeur sous la pression considérée.

Pour que le mélange soit bien homogène, et que la température du

radiateur soit égale sur toute sa surface, MM. Kœrting frères ont soin de

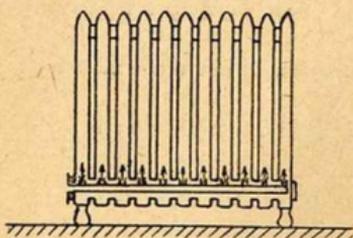


FIG. 204.

faire arriver la vapeur, sous forme de jet vertical ascendant, dans chaque élément de radiateur, au moyen d'un tuyau d'arrivée traversant tout l'appareil, et percé d'un petit trou dans l'axe de chaque élément (fig. 204).

Dans le même ordre d'idées on peut ranger le système Kaeflerle, de Hanovre (Allemagne) (fig. 205).

La vapeur, introduite à la partie basse du radiateur, pénètre dans l'air du radiateur et l'entraîne. L'air ainsi chassé est remplacé par un nouveau volume d'air qui descend, tandis que, de l'autre côté, la vapeur monte et va remplacer l'air qui tombe. Il se produit un mouvement circulaire d'un mélange intime de vapeur et d'air, l'échappement de l'air par le tuyau de retour étant d'autant plus grand que la quantité de vapeur introduite, proportionnelle au degré d'ouverture du robinet, est plus grande elle-même, et cette évacuation étant facilitée par la différence de densité de l'air, plus lourd que la vapeur.

Il est facile, par la simple manœuvre du robinet, de produire dans le radiateur un mélange d'air et de vapeur en circulation continue, mélange d'autant plus riche en air, c'est-à-dire à une température d'autant plus basse, que le robinet est moins ouvert.

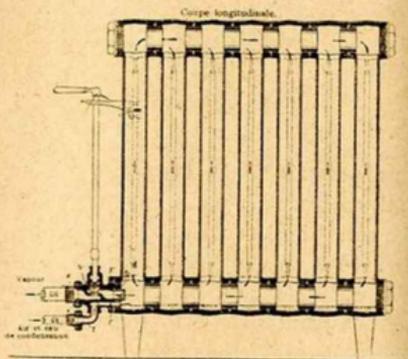


FIG. 205.

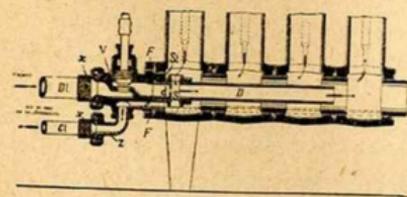


FIG. 206.

même température, comme on le fait dans les chauffages réglables ordinaires.

Ce système a donc pour but d'égaliser la température dans tous les éléments du radiateur, et de diminuer la température de ceux-ci quand on veut moins chauffer, au lieu de diminuer le nombre d'éléments chauffés à la

L'opération de mélange d'air et de vapeur est encore facilitée et rendue plus parfaite par l'emploi de l'injecteur Kaerle, représenté sur la figure 206, le mélange intime de l'air, aspiré sans cesse à l'ouverture d'arrivée de la vapeur, se faisant dans le tuyau d'entraînement.

Ces différentes méthodes de réglage de la puissance de radiation des radiateurs, par l'eau et par l'air, des systèmes Kœrting et Kauffer, ont reçu en France et en Allemagne de nombreuses applications; il n'est donc pas sans intérêt de les rapprocher de celles de M. Tudor, exécutées en Amérique dès 1883, le principe en étant identique.

Quatrième Brevet Tudor n° 318401, 19 mai 1815 : Système de distribution par orifices réduits et chutes de pression dans les radiateurs. — Poursuivant le cours de ses recherches sur le chauffage à vapeur, M. Tudor prit, le 8 janvier 1884, un brevet (n° 291.818 des États-Unis), dont la caractéristique était un seul robinet à l'entrée de chaque radiateur, puis un tube d'eau, avec clapet équilibré, à la sortie.

Cette disposition n'offre aucun intérêt spécial dans cette étude; aussi n'est-elle citée que pour mémoire, et nous passerons de suite à son brevet du 19 mai 1885 (n° 318401).

La figure 207 montre comment le système était représenté dans le brevet.

La disposition, disait M. Tudor, est analogue à celle des chauffages ordinaires par la vapeur à basse pression, sauf qu'il n'y a pas de robinets sur les tuyaux de retour, et que les branchements entre le collecteur

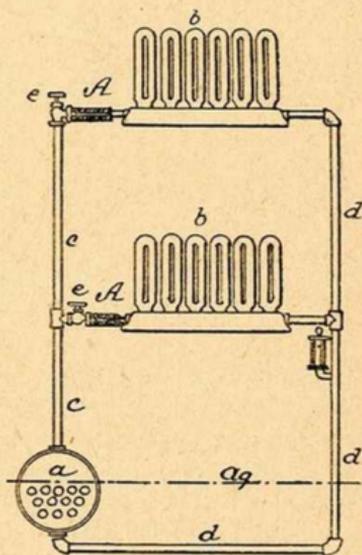


FIG. 207.

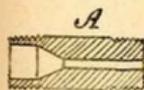


FIG. 208.

d'alimentation et les radiateurs sont munis d'un raccord spécial A, de section très réduite, de façon à n'admettre, sous une certaine pression, que la quantité de vapeur qui peut être complètement condensée dans le radiateur, dans les conditions normales, sans permettre une pression appréciable dans les radiateurs et les tuyaux de retour. En général, une ouverture d'un diamètre de 1/4 de pouce (6 millimètres) peut laisser passer assez de vapeur à la pression de 0^{kg},150 pour chauffer un radiateur d'environ 12 mètres carrés.

La figure 208 montre un de ces raccords, qui, de préférence, doit faire corps avec le robinet d'alimentation.

Comme il n'y a pas de valves sur les tuyaux de retour, il n'existe pas de pression de vapeur dans les conduites de retour; il doit donc pouvoir s'élever dans ces conduites, au-dessous des radiateurs, une colonne d'eau correspondante à la pression de la chaudière, pour la contre-balancer ou

l'égaliser, ce qui oblige à placer la chaudière à une profondeur assez grande, cette profondeur correspondant à la pression de marche du système.

Le robinet, qui est une des parties les plus importantes d'un tel système, a fait l'objet de plusieurs dispositions de M. Tudor.

La figure 209 montre une des valves faisant l'objet du brevet américain n° 319939 (9 juin 1885).

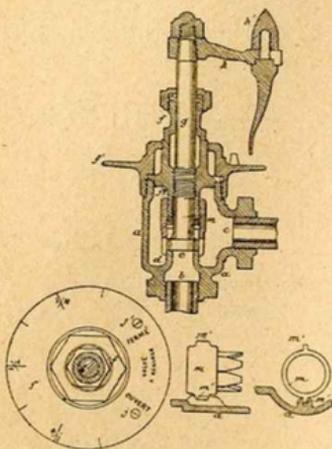


FIG. 209.

Le manchon *m* est taraudé à la partie supérieure, et vissé sur le mamelon taraudé *f*² du chapeau *f*. La partie inférieure du manchon *m* est ajustée autour du siège *d* de la valve, et munie d'encoches triangulaires disposées autour du siège, la plus grande ouverture étant en bas. L'ensemble des ouvertures est calculé proportionnellement à la quantité de vapeur qui doit être admise dans le radiateur, étant donnée sa surface, et ce maximum peut être réduit à volonté par la manœuvre de la tige *g*, qui se termine par un talon coulissant dans le manchon *m*, de manière à fermer en tout ou en partie les ouvertures en communication avec le trou *e* du siège *d*. Le levier de manœuvre *h* se termine par un bouton *h*¹ et un index *h*², qui se meut sur un cadran circulaire *f*¹, gradué entre les points extrêmes *ouvert*, *fermé*, de manière à obtenir toutes les dispositions voulues d'ouverture de la valve.

Le système Tudor semble, du reste, avoir reçu, antérieurement à cette date, et dès 1883, des applications très importantes. MM. Bates et Johnson entrepreneurs de chauffage, installèrent dès cette date le chauffage du bâtiment « The Manhattan Company's and Merchant's Bank Building », 40 et 42, Wall Street, New-York. Ce travail fut décrit dans les numéros, de 1883 et 1884, du journal *The Sanitary Engineer*, et l'article fut reproduit par le livre *Steam Heating Problems* (vol. VIII, p. 142, et vol. XI, pp. 161 et suiv.).

Ces descriptions ne semblent pas avoir excité beaucoup l'attention des

Américains; il n'en est certainement pas de même des Européens, qui retrouveront là de curieuses antériorités des systèmes, dits en cycle ouvert, actuellement en usage.

La valve décrite dans le volume VIII (p. 142) et représentée par la figure 210, offre, en effet, une analogie frappante avec les valves à pointeau de MM. Grouvelle et Arquembourg, dont il sera parlé plus loin.

M. Tudor étant venu en Europe vers 1900, et particulièrement en Allemagne, ne trouva guère d'analogie entre son système et ceux en usage à ce moment, sauf dans le système Bechem et Post, de Hagen, qui employaient dès ce moment des radiateurs sans robinets de réglage, placés dans des enveloppes fermées, avec prise d'air extérieure à la base et bouche de chaleur à système de fermeture à la partie haute.

En France, ce n'est guère avant 1887 qu'on vit apparaître ce système, bien qu'il existe un brevet 167005, du 13 février 1885, de M. Grouvelle, pour un système de distribution et de répartition de la vapeur, applicable aux appareils de chauffage par la vapeur¹.

C'est le 3 mai 1887 (brevet 183273) que M. Grouvelle prit son brevet sur le système de distribution et de répartition de la vapeur par étranglements brusques et chutes subites de pression dans les branchements allant aux appareils à vapeur.

La surface de chauffe S (fig. 211), d'une dimension un peu plus grande qu'il ne serait strictement nécessaire pour chauffer un local déterminé, est raccordée à une conduite de vapeur AA par un tuyau a, et à une conduite de retour BB, librement ouverte à l'atmosphère, par un tuyau b. Dans le tuyau a est placé un diaphragme D, percé d'un orifice convenablement calculé, et dont la section est de 8 à 10 fois plus petite que celle du tuyau a.

On comprend de suite que, s'il existe dans le tuyau A une pression P, cette pression existe aussi en a en avant du diaphragme D, tandis qu'elle tombe brusquement après ce diaphragme, pour devenir à peu près égale à la pression atmosphérique.

1. Ce principe est expliqué dans la brochure de M. Jules GROUVELLE « Notice sur les appareils de chauffage et de ventilation » exposés à l'Exposition Universelle d'Anvers, 1886, et le dispositif d'étranglement et robinet de jauge est commenté page 35 et suivantes, et illustré page 36 de ladite brochure.

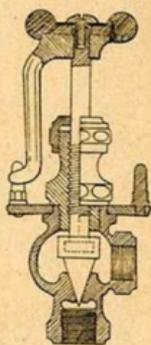


FIG. 210.

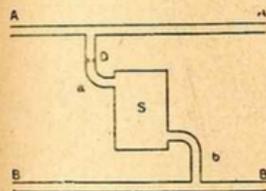


FIG. 211.

Il est donc facile de proportionner la section du diaphragme pour qu'il ne laisse passer dans le radiateur que la quantité de vapeur maximum que la surface de celui-ci lui permet de condenser.

Il est facile aussi de comprendre qu'en égalisant les résistances des tuyauteries par des sections convenables, en plaçant la production de

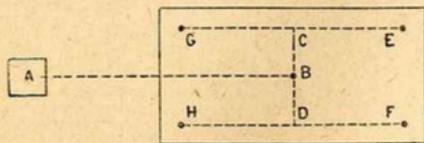


FIG. 212.

vapeur A à distance aussi équivalente que possible des conduites principales de distribution C, D (fig. 212), on peut maintenir sensiblement la même pression en avant de tous les diaphragmes, et,

si on fait varier la pression en B, modifier, dans une même proportion, la quantité de vapeur qui passe par tous ces diaphragmes, c'est-à-dire qu'on peut faire varier simultanément la puissance de radiation de tous les radiateurs d'un chauffage dans une même proportion.

En pratique, l'organe de réglage principal du système Grouvelle (Grouvelle et Arquembourg) est le robinet à pointeau (fig. 213). Il se compose principalement :

- 1° D'un corps de robinet en bronze ;
- 2° D'un diaphragme mobile, percé d'un orifice calibré, et qu'on établit une fois pour toutes, par le calcul et par expérience, au moment de l'essai d'un chauffage, après son installation ;
- 3° Enfin d'un pointeau à vis, s'engageant dans l'orifice du diaphragme.

Il est facile de comprendre que l'orifice du diaphragme est l'organe qui règle la quantité maximum de vapeur pouvant pénétrer dans le radiateur, sous une pression donnée, et que le pointeau vient réduire la section de cet orifice, et par suite la puissance de chauffage du radiateur, au gré de la personne occupant le local chauffé.

Le réglage d'un tel système peut donc se faire de deux manières différentes : 1° un réglage d'ensemble, faisant varier la pression de vapeur à la chaudière jusqu'au maximum fixé ; 2° un réglage partiel de chaque radiateur par la manœuvre du pointeau.

Il est impossible de ne pas être frappé par l'analogie qui existe entre le brevet américain Tudor, du 19 mai 1885, et son robinet à pointeau (fig. 210), décrit, en 1893, par le journal le *Sanitary Engineer*, de New-York, d'une part, et le brevet français Grouvelle du 3 mai 1887, ainsi que son robinet à pointeau (fig. 213), dont la description a été donnée

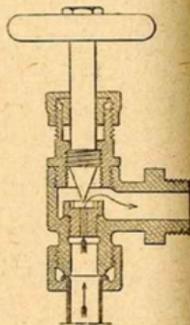


FIG. 213.

par quantité de journaux français, notamment par la *Construction Moderne*, le *Génie Civil*, la *Revue Industrielle*, d'autre part.

Dans la longue discussion qui s'est ouverte en Amérique, en 1901 et 1902, à la suite de la communication faite par l'auteur de ce livre à l'American Society of Heating and Ventilating Engineers, se sont intéressées nombre de maisons européennes, notamment M. H.-J. Wolter (firme Redeker et C^{ie}), d'Amersfoort (Hollande), et MM. Kauffer et C^{ie}, de Mayence (Allemagne). On retrouve, pendant plus d'une année, dans les colonnes des journaux techniques américains, et principalement dans l'*Engineering Review*, de New-York, des articles d'auteurs divers traitant la question.

Les Américains revendiquent énergiquement la priorité des chauffages à vapeur à basse pression, aussi bien de ceux en cycle fermé que de ceux, dits réglables, en cycle ouvert, des brevets Tudor.

Sans avoir à prendre parti dans la discussion, le but du présent ouvrage ne se rattachant qu'aux systèmes employés en France, il suffit de faire remarquer ici que le chauffage en cycle fermé date en France des premières installations de M. Monnot (système Leeds), de M. Hamelle (système américain à un seul tuyau), et de MM. Geneste et Herscher (système thermocycle), sans qu'il soit bien facile, ni bien intéressant, de dire quel fut le premier.

Quant aux systèmes réglables, ils paraissent dater des premières installations de MM. Grouvelle et Arquembourg, ou de celles des maisons allemandes qui ont des succursales ou des filiales en France.

Ces antériorités n'ont aucun intérêt, du reste, maintenant que le chauffage à vapeur, réglable ou non, en cycle fermé ou en cycle ouvert, a atteint en France un degré de perfection qui laisse bien loin en arrière les constructeurs américains.

SYSTÈMES DIVERS

Une des caractéristiques du chauffage à vapeur du système réglable en cycle ouvert est la lenteur que met un radiateur à chauffer, lorsqu'on ouvre le robinet d'admission de vapeur. L'orifice de jauge de ce robinet ne doit laisser passer que la quantité de vapeur que l'appareil peut condenser en marche maximum. Il est facile de comprendre que, à la mise en route, la surface du radiateur étant absolument froide, la petite quantité de vapeur qui passe par le robinet est condensée presque instantanément dans le premier élément du radiateur, après avoir chassé en partie l'air qu'il contient, et ce n'est que peu à peu que l'équilibre s'établit, que tout l'air est chassé, et que, les autres éléments s'échauffant progressivement, il y a égalité entre la quantité de vapeur qu'ils condensent en

marche maximum et celle qui peut passer par l'orifice jauge du robinet.

Un radiateur du système réglable n'est complètement chaud, et ne donne sa puissance maximum de chauffage, qu'après un temps assez long, un quart d'heure à vingt minutes.

Il faut reconnaître que c'est assez désagréable. Si, en effet, on rentre dans une chambre froide, le robinet du radiateur ayant été laissé fermé, on voudrait pouvoir se chauffer immédiatement. C'est le cas, par exemple, d'un voyageur débarquant d'un train, et arrivant au milieu de la nuit dans une chambre d'hôtel dont le radiateur ne chauffait pas, par raison d'économie. C'est aussi ce qui arrive dans les appartements quand, ayant fermé le radiateur parce qu'on avait trop chaud, et s'étant absorbé dans un travail ou dans une conversation, on s'aperçoit tout à coup qu'on a froid.

Il est indiscutable, à ce point de vue, que les systèmes en cycle fermé, avec leurs robinets à grande ouverture immédiate, ont le grand avantage de chauffer plus rapidement.

De nombreuses recherches ont été faites dans le but de supprimer l'inconvénient de leurs deux robinets, et de ne placer qu'un seul robinet de réglage sur chaque radiateur.

Avec le système à un seul tuyau, le problème est évidemment résolu, mais cette disposition est presque unanimement rejetée à cause de ses gros tuyaux, du clapotement insupportable que produit constamment le contact de l'eau et de la vapeur passant par le même orifice du robinet, enfin des bruits et des claquements très violents qui se produisent dans les

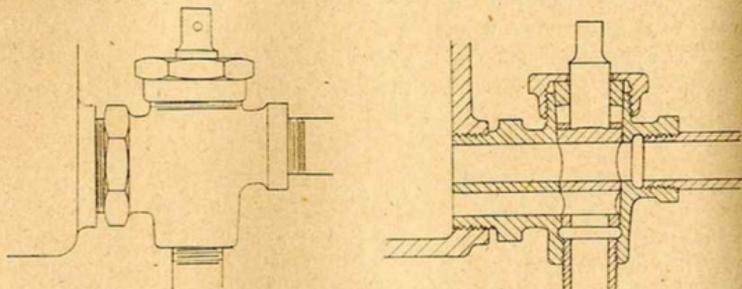


FIG. 214.

canalisations mal établies, quand ce contact a lieu entre de la vapeur et de l'eau déjà refroidie.

La Compagnie générale de Chauffage et de Ventilation, de Bruxelles, qui installait en Belgique, dès 1885, le système Leeds et les radiateurs Mignot, avait un robinet à boisseau qui fermait d'un seul tour de clef l'admission de vapeur et le retour d'eau condensée, et qui était indiqué sur le *Catalogue* de 1891 de cette maison (*fig. 214*).



C'était un premier essai du principe décrit ci-dessus, essai évidemment défectueux, puisqu'il nécessitait l'emploi d'un purgeur d'air complémentaire, et qu'il laissait dans le radiateur une certaine quantité d'eau condensée, au moment de la fermeture du robinet double. Quand on remettait en route, les deux orifices du robinet étaient noyés, et la vapeur devait chercher son passage à travers l'eau, ce qui produisait une succession de bruits et claquements très violents, jusqu'à ce que toute l'eau ait été évacuée par la conduite de retour.

Cette disposition a été reprise par des constructeurs français, et il existe à Paris des installations, même très récentes, basées sur le même principe. Dans ces installations, un très petit orifice, raccordé avec la conduite de retour, est démasqué au moment de la fermeture, de sorte que l'eau peut continuer à s'écouler après la fermeture du robinet, en même temps que l'air revient dans le radiateur par la conduite de retour, ce qui évite le purgeur d'air¹.

Ce perfectionnement est très sérieux ; malheureusement le robinet est délicat et nécessite un ajustage parfait ; la position des tubulures du boisseau et de la clef se dérègle avec l'usure et les rattrapages de jeu, et, en particulier, le petit orifice est difficile à maintenir dans sa position normale.

D'autres constructeurs ont délibérément adopté le principe d'un purgeur automatique placé sur la conduite de retour. Il est bien évident que, si on avait un purgeur automatique de vapeur et d'eau condensée d'un fonctionnement assuré, garantissant que la vapeur ne passerait jamais dans les conduites de retour, ce système serait l'idéal, et l'auteur croit que c'est la disposition de l'avenir pour le chauffage à vapeur.

Un réglage sommaire serait permis par le robinet, permettant de réduire dans une certaine mesure la section de l'orifice quand on voudrait diminuer la puissance de chauffage du radiateur, mais on aurait la possibilité d'un chauffage immédiat quand on ouvrirait le robinet complètement, et on supprimerait d'office le bruit si désagréable de détente de la vapeur, dans son passage par l'orifice jaugé des robinets actuels.

Un certain nombre de purgeurs, du reste, sont employés depuis quelque temps en France, et l'expérience dira s'ils sont efficaces.

Les uns sont basés sur le principe du syphon obturateur, d'autres contiennent un organe flotteur, d'autres enfin s'appuient sur le principe de la dilatation ; tous sont complétés par un petit orifice pour l'évacuation de l'air quand le robinet est fermé, ce dernier phénomène ne pouvant trouver son application, du reste, que si le purgeur est combiné avec un système fonctionnant en cycle ouvert.

1. Installations de la Maison Lebceuf à l'hôtel Terminus de la gare Saint-Lazare et à l'hôtel Crillon, sous la direction de M. Hallé, Ingénieur des Magasins du Louvre à Paris.

Systèmes J. Tudor. — En 1901-1902, M. J. Tudor, de Boston, appli-

quant et élargissant les théories de son père, commença l'application d'un système qu'il nomma *Thermo-grade System*¹.

Le principe qu'il applique comporte l'emploi de deux organes spéciaux sur chaque radiateur, un robinet réglable à l'entrée de vapeur, un purgeur automatique à dilatation, spécial, à la sortie d'eau condensée.

La valve de réglage est disposée de telle manière qu'un tour complet de la manette de commande ouvre son orifice depuis la position zéro jusqu'à une section égale à la section du tuyau d'arrivée de vapeur. Dans

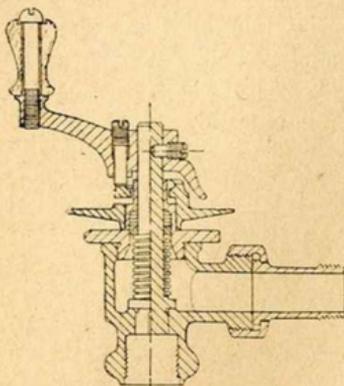


FIG. 215.

les premières positions, le système fonctionne identiquement comme nos systèmes réglables français : la section d'entrée est très faible, la vapeur se détend derrière l'orifice, arrive sans pression dans le radiateur, et chauffe un plus ou moins grand nombre d'éléments. Quand le robinet est ouvert en plein, il n'y a plus de réglage, et la vapeur qui emplit le radiateur est à la même pression que celle de la chaudière (moins les pertes de charges) (fig. 215).

Du côté de la sortie, tant que la vapeur est sans pression dans le radiateur, le purgeur est ouvert, l'eau de condensation et l'air s'évacuent comme dans nos systèmes. Aussitôt que la pression augmente dans le radiateur, la vapeur tend à arriver dans la partie annulaire verticale du purgeur, le tube vertical se dilate et ferme la sortie, la partie inférieure du purgeur se remplit d'eau, et le purgeur s'ouvre légèrement ; il s'établit alors un état d'équilibre, le purgeur légèrement entr'ouvert laisse

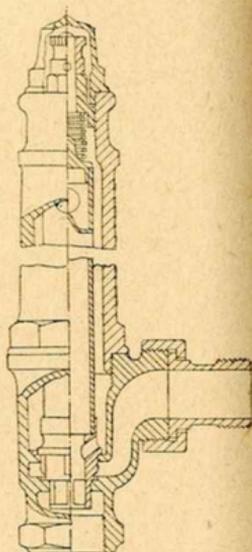


FIG. 216.

1. De nombreux systèmes, depuis cette date, et à la suite du mouvement de polémique qu'avait produit notre communication à l'American Society of Heating and Ventilating Engineers en 1901, ont été appliqués aux États-Unis. On les désigne sous le nom de « Vapour Systems » ou chauffages par buées d'eau, par opposition aux « Low Pressure Steam Systems » ou chauffages par la vapeur à basse pression.

échapper l'eau, sans permettre à la vapeur d'arriver à passer (fig. 216).
 Ce système est américain, et aucune application, à la connaissance de l'auteur, ne semble en avoir été faite en Europe.

Système Broomel. — En 1902, M. Broomel fit breveter en Amérique, au Canada, en Angleterre, etc., un dispositif analogue, mais basé uniquement sur l'emploi de la vapeur détendue par son passage dans l'orifice jaugé du robinet, de manière que la purge puisse se faire à l'extrémité opposée du radiateur par un très petit syphon.

La valve Broomel (fig. 217) présente trois particularités principales :

1° Le réglage est obtenu au moyen de quatre orifices jaugés, réservés dans le clapet mobile. La manette de manœuvre amène à volonté au-dessus du siège du robinet un, deux, trois ou les quatre orifices, ce qui permet de graduer, depuis 0 jusqu'au maximum permis par les quatre orifices, la quantité de vapeur admise.

2° Ce réglage est indiqué par un petit taquet placé sur la manette, et qui pénètre dans le trou correspondant réservé sur le cadran indicateur. Quand on a choisi une position de réglage, on peut empêcher de toucher au robinet en serrant, par une clé à carré, le taquet dans sa position.

3° Enfin, le robinet n'a pas de presse-étoupe, et le joint est assuré par le frottement d'une partie conique de la tige du robinet dans un siège rodé du chapeau ; ce frottement est maintenu par un ressort intérieur. Cette disposition, brevetée encore récemment en France pour un robinet,

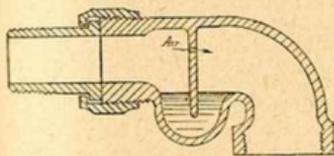


FIG. 218.

a été brevetée tant de fois dans tous les pays, qu'on ne sait vraiment pas quel en est le véritable inventeur.

Le purgeur est un tout petit syphon (fig. 218) avec un petit trou pour le passage de l'air.

Ce système a reçu également un grand nombre d'applications en Amérique. L'auteur n'en connaît pas en Europe.

En France il existe quelques installations fonctionnant soit avec un robinet à double fermeture du type analogue au robinet Mignot (fig. 214),

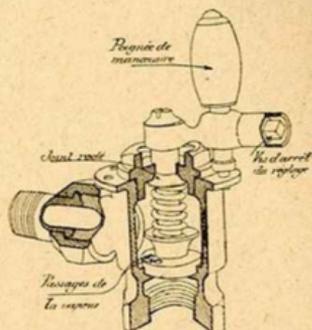


FIG. 217.

soit avec un robinet à réglage quelconque, et munies de purgeurs des types ci-dessous :

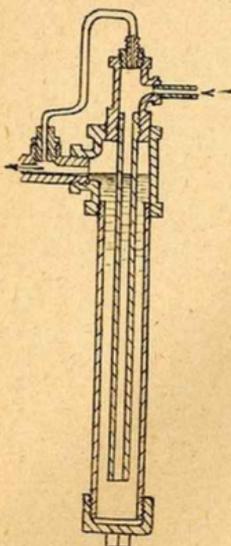


FIG. 219.

Purgeur à syphon (fig. 219). — Ce purgeur, facile à construire avec les raccords ordinaires du commerce, se compose simplement de deux tubes concentriques, qui interceptent la vapeur, tout en laissant passer l'eau.

L'air s'échappe par un très petit tuyau, placé sur le té d'arrivée d'eau, et raccordé au tuyau de retour. S'il passait un peu de vapeur dans ce tuyau capillaire, elle se condenserait avant d'arriver au tuyau de retour.

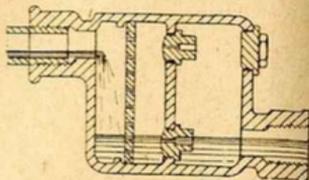


FIG. 220.

Purgeur américain (fig. 220). — On trouve dans les catalogues français des marchands d'articles américains un petit purgeur, dont le constructeur n'est pas indiqué, et qui est basé sur le même principe que le purgeur Broomell précédemment décrit.

Purgeur Elem (fig. 221). — Ce purgeur français¹ qui peut remplir le même but, se compose d'un boisseau conique, muni de cannelures circu-

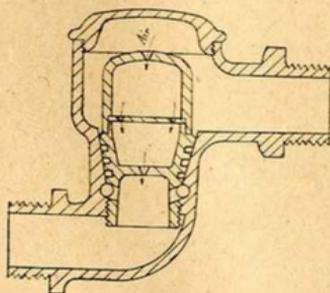


FIG. 221.

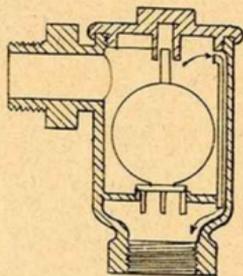


FIG. 222.

1. M. Mossé, ingénieur à Paris, nous a fait remarquer que ce purgeur est de son invention, alors que nous l'avions indiqué dans notre première édition comme étant d'origine allemande, à cause du catalogue du fournisseur dans lequel nous l'avions remarqué.

lares, et réglé de manière à laisser un très léger vide. Au-dessus, deux chambres superposées, percées de tout petits orifices permettent le passage de l'air. L'eau s'écoule par les cannelures, et la petite quantité de vapeur qui pourrait arriver serait condensée avant de parvenir à la conduite de retour.

Purgeur Inia (fig. 222). — Ce purgeur, de construction allemande, se compose d'une boule flotteur qui peut se soulever quand elle est immergée dans l'eau, découvrant alors le siège d'un clapet solidaire, et qui resterait fermée, au contraire, en raison de son poids, si l'appareil était rempli de vapeur. Un tout petit tuyau intérieur permet le passage de l'air.

Nous arrêterons ici la série des petits purgeurs de radiateurs, qui pourrait se continuer indéfiniment, tant sont nombreux les dispositifs proposés maintenant.

Tous ces appareils remplissent-ils leur but, qui est de supprimer le défaut de la longue durée de mise en marche des chauffages réglables, et de la difficulté d'un réglage rigoureux? Il serait téméraire de l'affirmer. Aussi bien, tous n'ont-ils pas encore fait leurs preuves. Mais ils témoignent certainement du désir de leurs inventeurs de se rapprocher de la perfection dans le chauffage par la vapeur à basse pression, perfection que tous les robinets à réglage décrits dans le chapitre spécial qui leur est attribué sont bien loin d'avoir atteint, *quel qu'en soit le type*.

CHAPITRE XIV

DESCRIPTION ET DÉTAILS DES APPAREILS EMPLOYÉS DANS LE CHAUFFAGE PAR LA VAPEUR A BASSE PRESSION

I. — DES CHAUDIÈRES

Nous diviserons en deux parties distinctes les chaudières : 1^o les chaudières à magasin de combustible alimentant automatiquement le foyer au fur et à mesure de la combustion, que nous considérons comme les seules véritables chaudières à fonctionnement continu ; 2^o les chaudières à grand foyer, et à chargements intermittents¹.

CHAUDIÈRES A MAGASIN DE COMBUSTIBLE

Ces chaudières comprennent elles-mêmes deux classes : celles qui sont composées uniquement de tôle d'acier rivée ou soudée, et les chaudières en fonte.

Les chaudières spéciales des grands constructeurs, qu'ils construisent exclusivement pour leurs installations personnelles, sont presque toujours en tôle d'acier, rivée ou soudée.

A côté de ces chaudières spéciales existent dans le commerce de fort nombreux modèles de chaudières, en tôle ou en fonte, construites par des spécialistes, chaudronniers ou fondeurs, qui les fournissent aux entrepreneurs de chauffage.

Les fort nombreux accidents qui, au cours de la guerre, ont mis hors de service une quantité considérable de chaudières en fonte, en une

1. Voir chapitre XII, page 251 et suivantes, notre appréciation générale sur les principes qui devraient régler la construction et l'emploi des chaudières et de leurs organes.



période où les fonderies, mobilisées par le service de l'artillerie, n'étaient pas en mesure de les remplacer, semblent avoir détournée la vogue qu'une publicité savante avait attirée vers ce type de chaudières.

L'industrie de la soudure autogène, qui a fait tant de progrès pendant la guerre, met en ce moment sur le marché beaucoup de chaudières en tôle soudée, dont l'avenir dira la valeur. Rappelons que l'entretien d'une chaudière pendant la saison d'été peut en tripler la durée.

La présente étude ne saurait avoir, du reste, la prétention de décrire toutes les chaudières en usage en France, elles sont trop nombreuses. Celles qui seront citées ici ne le sont qu'à titre documentaire, sans indication de supériorité et sans choix, simplement pour bien montrer comment leurs constructeurs ont appliqué les principes théoriques et pratiques précédemment énoncés¹.

Chaudière Grouvelle et Arqueubourg (fig. 223). — Cette chaudière est en tôle d'acier rivée ou soudée, cylindrique, verticale, tubulaire, à magasin de combustible central A, contenant la réserve d'anthracite nécessaire pour douze heures de marche.

Le foyer est hermétiquement clos, et l'air nécessaire à la combustion ne peut pénétrer sous la grille que par une prise d'air P, dont l'ouverture d'entrée est soumise au réglage du clapet d'admission V, lui-même commandé par le régulateur U.

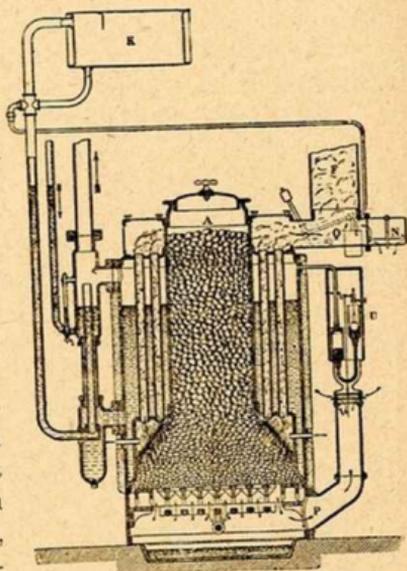


FIG. 223.

Les portes de cendrier et de foyer sont solidaires, de manière à ne pouvoir s'ouvrir l'une sans l'autre, de telle sorte que, si un chauffeur négligent laissait ouverte la porte du cendrier, ce qui activerait la combustion malgré le régulateur de pression, il laisserait forcément ouverte en même temps la porte du foyer, et le feu s'éteindrait rapidement.

Des entrées d'air placées au-dessus du foyer achèvent la combustion

1. Nous avons supprimé de cette édition à peu près tous les appareils allemands dont la France était encombrée avant la guerre. Ceux qui y sont maintenus ne le sont qu'à titre documentaire, pour en indiquer le principe lorsque nous estimons qu'il est intéressant.

l'oxyde de carbone, que le régime lent de la marche aurait tendance à produire.

Les gaz de la combustion, après avoir traversé la boîte à fumée, se rendent à la cheminée F.

Une soupape N, très légère, se soulève automatiquement, par suite de la différence entre la pression atmosphérique et la dépression de la cheminée, lorsque la soupape d'entrée d'air V est fermée, et la combustion ralentie.

Une autre soupape Q est fermée automatiquement par une arrivée d'eau dans un petit seau placé à l'extrémité de son levier de manœuvre, comme nous l'expliquons ci-après, quand la pression s'élève accidentellement.

Le régulateur à mercure est décrit plus loin, au chapitre des *Régulateurs*.

La chaudière porte latéralement un récipient séparateur de vapeur et d'eau, qui possède à sa partie basse un cul-de-sac décanter, destiné à recevoir les impuretés, qu'on enlève périodiquement par le bouchon inférieur.

Sur ce décanter sont placés : la soupape de sûreté, le manomètre, le niveau d'eau et ses robinets de jauge, les tubulures de vapeur et de retour d'eau condensée, enfin la tubulure de sûreté, qui communique avec le réservoir d'expansion K.

Lorsqu'un excès de pression fait remonter dans le réservoir d'expansion l'eau de la chaudière à un niveau dangereux, et que le régulateur a été impuissant à empêcher cet excès de pression, un petit tuyau de trop-plein, partant de ce réservoir, laisse couler de l'eau dans le petit seau qui

commande la soupape Q ; cette soupape se ferme et arrête le fonctionnement de la chaudière, jusqu'à ce que le chauffeur vienne vider le seau, et rétablir le régime de fonctionnement régulier.

La chaudière Grouvelle et Arquembourg répond ainsi à beaucoup des desiderata exprimés au chapitre précédent (p. 251 et suiv.).

Chaudière Garnier et Courtaud (fig. 224).

— Cette chaudière est du type des chaudières anglaises, dont la marque

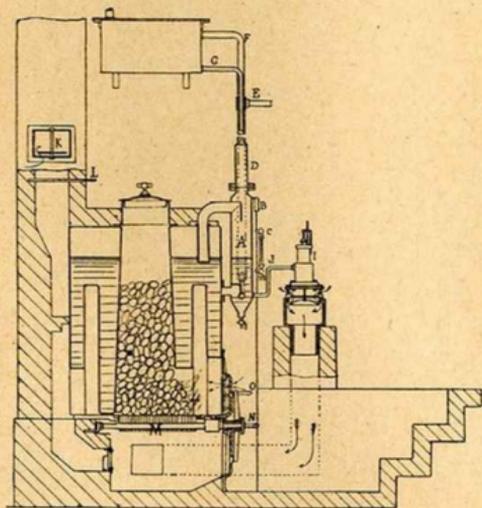


FIG. 224.

Hartley and Sugden est une des plus connues. Elle est cylindrique, ver-

ticale, à enveloppe de maçonnerie. Ses principaux organes présentent une certaine analogie avec ceux de la chaudière précédemment décrite.

Le magasin de combustible est central et entouré d'eau.

La grille M, assez compliquée et d'un entretien coûteux, est composée d'une grande quantité de barreaux placés à cheval sur un levier de manœuvre N, qui permet de les remuer pour faire tomber les cendres sans ouvrir la porte. Les portes du foyer et du cendrier sont fermées par un même levier O, qui les rend solidaires. Dans la porte du foyer sont réservées des entrées d'air supplémentaires, pour achever la combustion au-dessus de la grille. Sur le tuyau de fumée est placé un régulateur de dépression K, analogue à celui de la chaudière Grouvelle et Arquembourg.

On retrouve encore, comme dans cette dernière, la bouteille de distribution A, avec séparateur de vapeur et d'eau, décanteur, tubulures de départ de vapeur D, de retour G, de sûreté F, allant au réservoir d'expansion H, manomètre B, niveau d'eau C, etc.

Le régulateur à mercure, dit Simplex, sera décrit au chapitre spécial des *Régulateurs*.

Chaudière Leroy (fig. 225).—

Cette chaudière est beaucoup plus simple et plus rustique que les précédentes, et semble pouvoir être mise plus facilement entre les mains inexpérimentées et malhabiles des chauffeurs domestiques. Elle est, comme la chaudière Grouvelle et Arquembourg, du type vertical cylindrique tubulaire, à foyer intérieur, à magasin de combustible central entouré d'eau, et prolongé par une virole en fonte au-dessus du foyer, de manière à donner plus d'importance à la chambre de combustion, et à faciliter la transformation de l'oxyde de

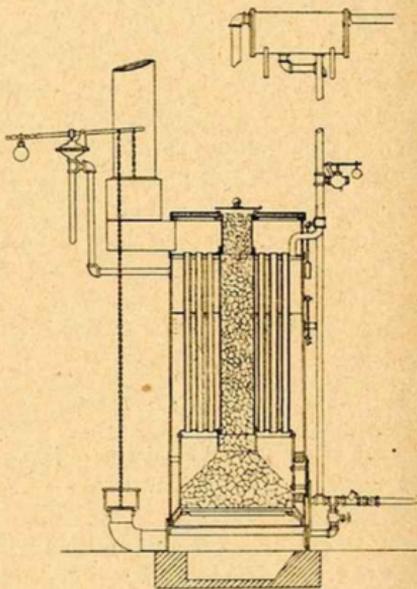


FIG. 225.

de carbone en acide carbonique avant l'entrée dans les tubes. La boîte à fumée est facilement accessible par des plaques mobiles, recouvertes de sable; le couvercle du magasin de combustible est aussi à bain de sable, pour éviter les distillations de charbon dans le magasin, en empêchant les rentrées d'air.

Le régulateur est du type à membrane, et agit, par l'intermédiaire d'un simple levier et de chaînes, sans articulations susceptibles de s'encrasser dans l'atmosphère chargée de poussières de la chaufferie, sur de simples tampons suspendus, venant obturer plus ou moins l'entrée d'air au cendrier et le départ de fumée à la cheminée.

Les entrées d'air au-dessus du foyer n'ouvrent pas librement à l'atmosphère, comme dans les deux chaudières précédentes, mais ont leur point de départ sous la grille, c'est-à-dire qu'elles sont soumises à l'action du régulateur, ce qui présente un très sérieux avantage.

Cette chaudière ne possède pas de bouteille latérale, et tous ses organes sont fixés directement sur le corps principal : niveau d'eau et robinets de jauge placés sur un cylindre en fonte, manomètre, tubulures de départ de vapeur, de retour, de sûreté raccordée au réservoir d'expansion, etc.

Le départ de vapeur se fait sur le dessus de la chaudière, et, généralement, un réservoir séparateur de vapeur et d'eau est traversé par cette conduite de départ, et porte le manomètre et la soupape de sûreté.

Les portes de foyer et de cendrier sont de construction excessivement robuste, pour résister à l'action du feu, de l'eau et des cendres. Elles sont à fermeture étanche, et à joints dressés à la raboteuse, et sont rendues solidaires par deux solides taquets, venus de fonte avec elles, et empêchant d'ouvrir l'une sans l'autre.

Deux types de grilles différents sont employés à volonté, suivant que la chaudière est destinée à l'usage de l'anthracite ou du coke. Enfin le cendrier est étanche et rempli d'eau, pour rafraîchir la grille et empêcher le combustible de coller. L'évacuation de l'air du réservoir d'expansion, toujours humide, se fait dans le cendrier sous la grille.

Ces chaudières sont construites en tôle d'acier, rivée pour les gros modèles, soudée pour les petites chaudières, jusqu'à 4 mètres carrés de surface de chauffe.

La chaudière Nessi frères (*fig. 226*) est du même type. Elle est entourée, le plus souvent, d'une enveloppe en maçonnerie formant retour de flamme.

A notre avis, cette disposition ne présente qu'un intérêt secondaire. Dans les chaudières à basse pression bien proportionnées, avec une grille de grand diamètre, et avec le régime de combustion lente bien établi, les gaz sont suffisamment refroidis pour que le rendement d'une circulation autour du corps cylindrique de la chaudière n'ait pas une grande utilité.

On peut craindre, au contraire, qu'une telle disposition ne présente certains inconvénients au point de vue de la durée des tôles si on n'a pas soin de nettoyer et entretenir la chaudière, surtout pendant la période de repos de l'été. La combustion lente nécessite, comme nous l'avons dit, la

présence d'une certaine quantité d'eau dans le cendrier, pour la conservation des grilles. Cette eau se vaporise lentement, et la vapeur refroidit les barreaux. Elle se décompose en oxygène et hydrogène en traversant le foyer, mais, sous l'action d'un excès d'oxygène et du tirage lent, l'hydrogène se combine avec l'oxygène pour former à nouveau de la vapeur d'eau dans les carneaux de fumée, et on peut tout craindre de l'action corrosive de la vapeur d'eau, avec la faible quantité d'acide sulfureux, et même sulfurique, que contiennent toujours les suies, sur les tôles des chaudières enveloppées de maçonnerie, et par suite difficilement visitables.

De nombreuses expériences ont prouvé qu'en pratique on ne diminue pas sensiblement la production

de vapeur d'une chaudière d'un type analogue, mais qu'au contraire on rend moins indispensable l'entretien, en supprimant cette circulation de retour, et en plaçant un bon calorifuge à l'extérieur contre les tôles.

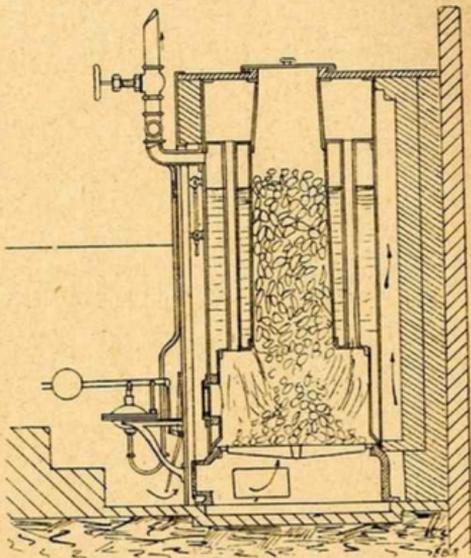


FIG. 226.

Chaudière Montupet. — Il y a une trentaine d'années, M. Montupet fit breveter la chaudière (fig. 227), dont la disposition est vraiment très intéressante.

Dans le but d'augmenter la hauteur de la chambre de combustion au-dessus du foyer, il prolongea le tube de chargement au moyen d'une virole formant circulation d'eau, et munie à l'intérieur d'une tôle accélérant la circulation, suivant la méthode des tubes Field. Il ajouta, en outre, un certain nombre de tubes Field à l'intérieur de cette chambre de combustion, au-dessus de la grille.

La grande quantité de surface de chauffe ainsi placée dans le foyer, c'est-à-dire à l'endroit où la température atteint souvent jusqu'à 1.400°, a pour résultat d'assurer une vaporisation excessivement active. On peut même craindre que cette vaporisation ne se fasse trop tumultueusement, et n'entraîne une certaine quantité d'eau émulsionnée, qu'un séparateur

bien compris devra séparer de la vapeur et ramener à la chaudière.

Malheureusement, la construction assez délicate de ce foyer en rend l'usage forcément réduit, parce qu'elle augmente, d'une manière relativement importante, la dépense d'acquisition de la chaudière.

Aussi croyons-nous que cette chaudière, malgré ces conditions excessivement favorables, n'est guère employée en chauffage.

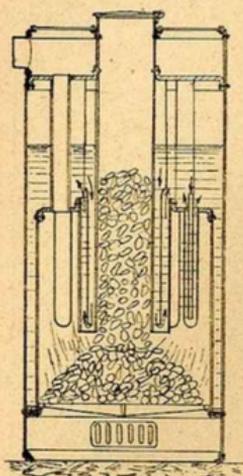


FIG. 227.

Chaudières Sulzer. — La maison suisse Sulzer frères, de Winterthur, a deux modèles de chaudières en tôle, plus un modèle en fonte, dont nous parlerons plus loin.

Le modèle vertical (*fig. 228*) est cylindrique, tubulaire, à magasin de combustible central, grille inclinée, enveloppe calorifuge recouverte d'une tôle mince, et retour de flamme par les tubes extérieurs pour départ de fumée à la partie basse.

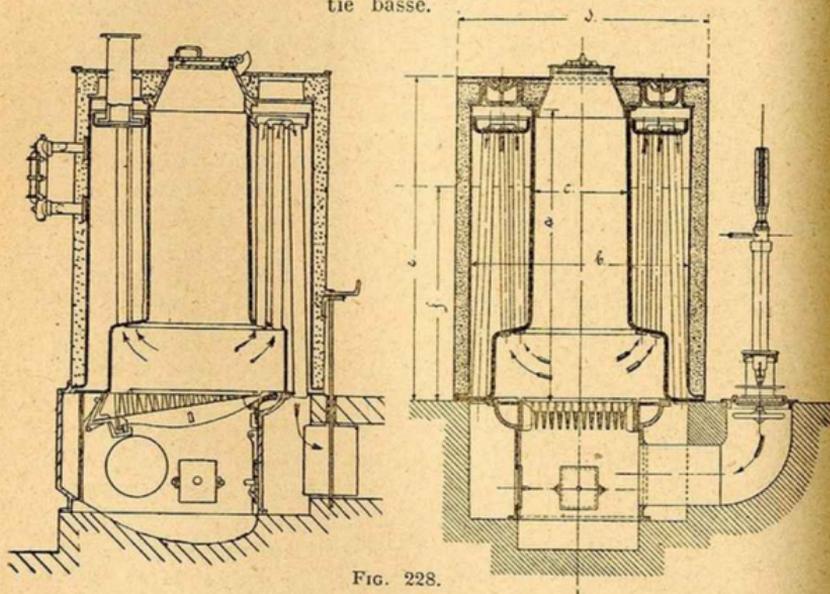


FIG. 228.

Le modèle horizontal (*fig. 229*), de 14 à 40 mètres carrés, est à foyer intérieur, magasin de combustible central, tubes horizontaux, augmentés

de quelques tubes Field plongeant à l'arrière du foyer, et retour de la flamme autour du cylindre, entre celui-ci et l'enveloppe de maçonnerie.

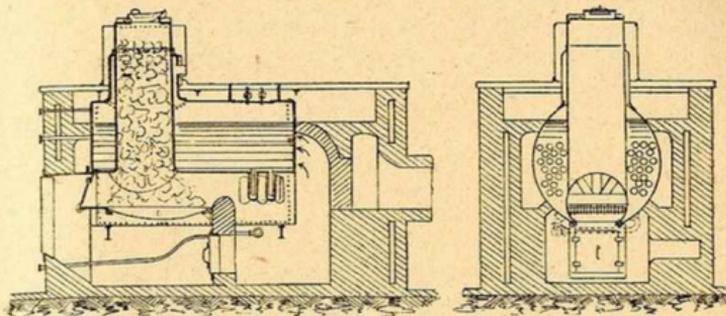


FIG. 229.

On remarquera la construction audacieuse, avec la partie inférieure ouverte suivant des génératrices, pour former cendrier, et qui nécessite une armature solide, pour éviter toute chance de déformation sous l'action de la dilatation ¹.

Ces chaudières possèdent un réservoir d'expansion analogue à celui des chaudières françaises, et augmenté d'un second réservoir, dans lequel se déverse l'eau du premier avant de revenir à la chaudière, en cas de surpression. Un sifflet d'alarme avertit, en outre, le chauffeur du fonctionnement de ces réservoirs, pour qu'il vienne faire le nécessaire à la chaudière.

Chaudière Louis Arquembourg et Vaultier (fig. 230). — Cette chaudière est du type cylindrique vertical tubulaire, à magasin de combustible central entouré d'eau.

Le foyer est hermétiquement clos, et l'admission d'air est réglée par un régulateur à eau, à joint de mercure, et à coulisseau de réglage.

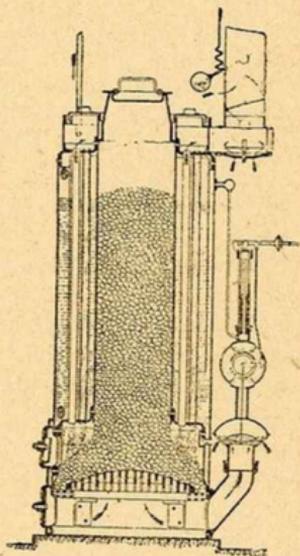


FIG. 230.

1. On retrouve une disposition analogue dans le catalogue de MM. Chappée et fils, du Mans.

La grille est conique, de manière à diminuer l'épaisseur du combustible dans la partie centrale, ce qui facilite le passage de l'air et assure une combustion plus régulière.

Des entrées d'air amènent de l'air secondaire au-dessus de la zone de combustion, pour assurer avant le passage aux tubes la transformation en acide carbonique de la petite quantité d'oxyde de carbone que le régime de combustion lente aurait pu produire.

Un clapet léger, équilibré, laisse passer par dépression une petite quantité d'air froid dans la cheminée, pour couper le tirage, si le régulateur automatique n'est pas suffisant pour modérer la combustion.

Un réservoir de sûreté forme soupape hydraulique ; il est muni de deux trop-pleins. L'un, qui correspond à un excès de pression, vient déverser l'eau dans un petit seau, qui commande un papillon de réglage de la cheminée.

L'autre, placé plus haut pour une pression encore supérieure, vient se déverser dans la boîte à fumée, et de là dans le foyer, qu'elle éteindrait si cet excès de pression accidentel devenait dangereux.

Nous pensons que ce second dispositif n'est établi qu'à titre de précaution exceptionnelle, pour parer à un coup de feu qui surviendrait à la chaudière si un excès de pression prolongé la faisait vider brusquement. Il est bien évident, en effet, qu'une arrivée d'eau brutale, dans un foyer incandescent, n'est pas elle-même sans danger. Aussi, dans les installations de ce type que nous avons eu l'occasion d'examiner, avons-nous remarqué que le tuyau de sûreté est d'assez faible diamètre, sans doute pour limiter l'importance de l'injection d'eau dans le foyer.

Chaudière Robin Bang (*fig. 231*). — La maison Bøeriger, qui s'est spécialisée dans la construction des appareils destinés à brûler les combustibles menus, a un système de chaudière composée d'un corps vertical tubulaire, placé dans une enveloppe de maçonnerie, avec retour de flamme, et raccordé par de gros collecteurs haut et bas avec un foyer spécial, entouré d'eau, et de l'un des deux types décrits au chapitre des *Calorifères à air chaud*.

La figure 231 représente un foyer destiné à brûler les combustibles gras ou maigres en morceaux, les grésillons de coke et de charbons gras ou maigres, enfin les fines de charbons gras et les mélanges de fines grasses et maigres. Le combustible descend en cône sur la grille, où s'achève la combustion ; mais la combustion principale se produit à la partie basse du cône, par tirage renversé, l'air nécessaire passant entre des barreaux creux, en tubes de fer ou d'acier, formant eux-mêmes une circulation d'eau.

Pour l'emploi des combustibles maigres, une disposition, analogue à

celle du foyer à cône décrit aux calorifères à air chaud, permet de fermer le magasin de combustible en faisant glisser une palette, qui arrête la chute du charbon pendant le décrassage de la grille.

Ces chaudières paraissent un peu compliquées, avec des organes délicats en plein feu, et nécessitent une construction très soignée. De plus, les

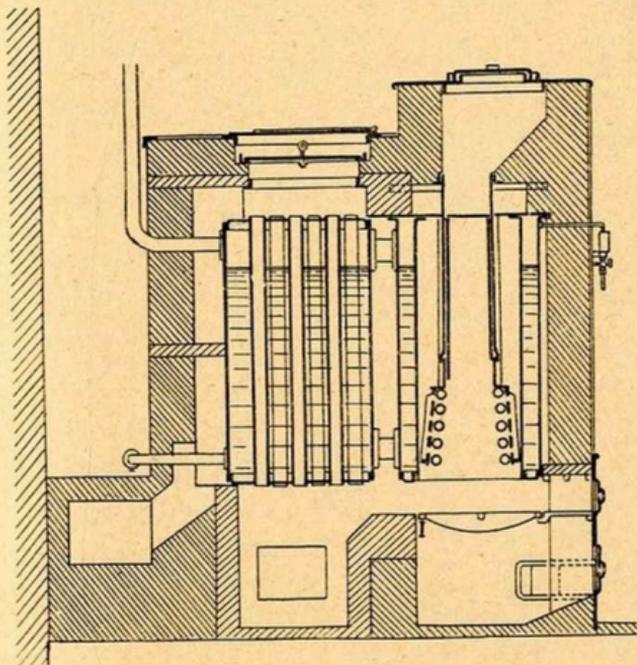


FIG. 231.

combustibles menus étant maintenant recherchés par les fabriques d'agglomérés, briquettes, boulets, etc., et étant souvent mélangés de résidus et balayures de chantiers, l'utilisation dans un foyer spécial n'est pas très intéressante, ni aussi économique que le prix d'achat semblerait l'indiquer.

Chaudière Drevet et Lebigre frères (fig. 232). — Cette chaudière a une disposition qui rappelle beaucoup la précédente. Comme elle, destinée à brûler des combustibles menus et maigres, elle comporte un corps tubulaire vertical, placé dans une enveloppe de maçonnerie, mais sans retour de flamme. La trémie de combustible se termine à la partie basse par un réservoir d'eau, destiné à empêcher le charbon de s'agglomérer,

et à la partie supérieure duquel glisse un registre, manœuvré par un volant et une vis, et destiné à obturer le magasin, lorsqu'on veut décroasser la grille ou arrêter le fonctionnement de la chaudière.

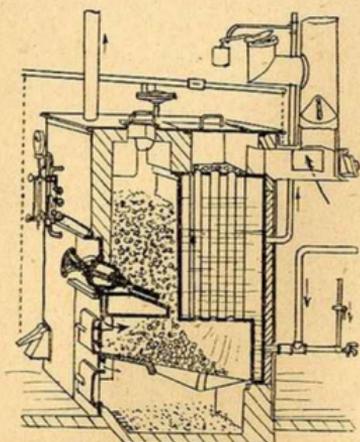


FIG. 232.

Une disposition basée sur le même principe est également employée par ces constructeurs, mais avec construction en fonte, par éléments séparés, qu'on assemble sur place, et sans enveloppe de maçonnerie.

Cette chaudière (fig. 233), porte dans le commerce le nom de chaudière « La Gauloise ».

Son fonctionnement est le même que celui de la chaudière en tôle de la figure 232.

Le combustible se forme en cône au-dessus de la grille, la partie supé-

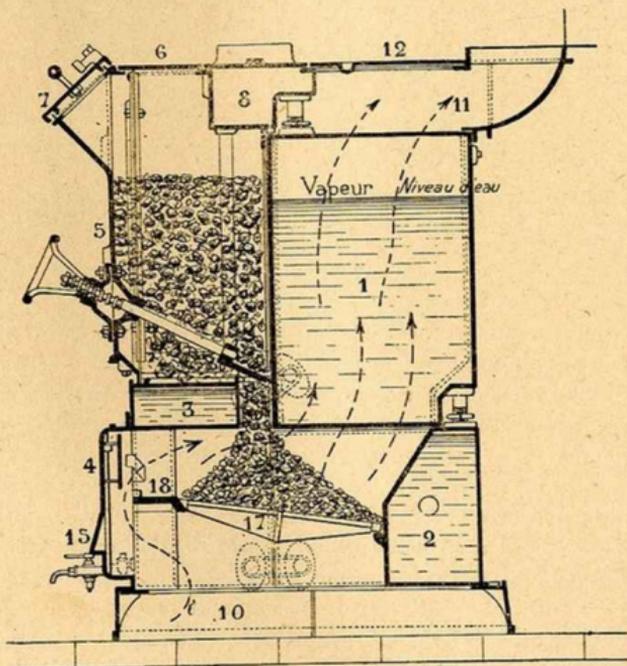


FIG. 233.

rieure du cône étant assez mince pour laisser le passage de l'air, de sorte que c'est le point du foyer où la combustion est le plus intense. Cette disposition présente l'avantage tout spécial d'éviter la production du mâchefer, ce qui assure à la vaporisation une allure de régularité tout à fait caractéristique du système.

Cette chaudière possède les mêmes avantages, et mérite les mêmes légères critiques que la chaudière Robin Bang précédemment citée.

Il convient de dire toutefois que, chez ces deux constructeurs, on suit avec intérêt cette disposition d'appareils destinés, d'après les recherches de leurs inventeurs, à faire réaliser des économies par l'emploi de combustibles menus. Nous le répétons, cette économie n'est probablement pas aussi réelle qu'elle le semble à première vue, et, tous comptes faits, il n'est pas très certain que l'économie justifie l'emploi de foyers coûteux et dont l'entretien semble délicat.

Chaudières Gérard-Bécuwe (fig. 234). — La chaudière Gérard-Bécuwe a été étudiée pour brûler des combustibles maigres en grains,

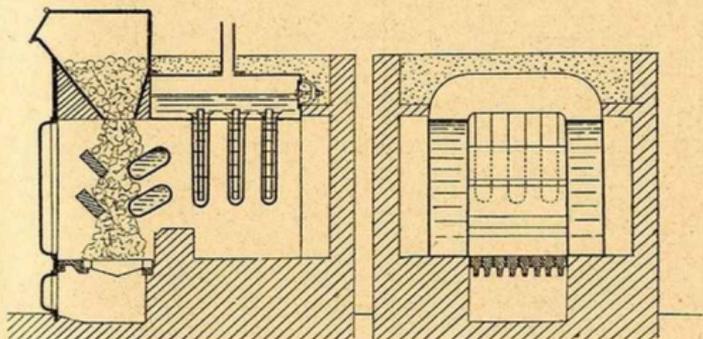


FIG. 234.

comme le calorifère à air chaud de ce constructeur. Le foyer est basé sur le principe du poêle Cadé, et utilise les mêmes combustibles.

Le corps principal de la chaudière est en tôle soudée, et composé de deux parties distinctes, formant un ou plusieurs éléments. La partie arrière est de la forme d'un fer à cheval, employée dans les chauffages de serres, avec des tubes Field placés dans le parcours des gaz chauds à leur sortie du foyer. La partie avant, constituant le foyer, est composée de deux lames d'eau placées sur les côtés, et raccordées par deux barreaux creux, méplats, formant circulation d'eau. Ces deux barreaux forment la partie arrière du foyer, la partie avant étant constituée par des barreaux en fonte ou en terre réfractaire. C'est entre ces barreaux, avant et arrière,

au-dessus desquels est disposé le magasin de combustible, que se produit la combustion, exactement comme dans le foyer Cadé. Au-dessous est placée une grille, sur laquelle s'achève la combustion.

Tout l'ensemble est installé dans une enveloppe en maçonnerie, avec carnaux formant retour de flamme.

Chaudière Radia. — La chaudière Radia (*fig. 235*) de M. Laverne, est construite pour l'emploi des fines d'antracite 5/10, dont le prix est sensiblement moindre que celui du tout-venant ou du gailletin.

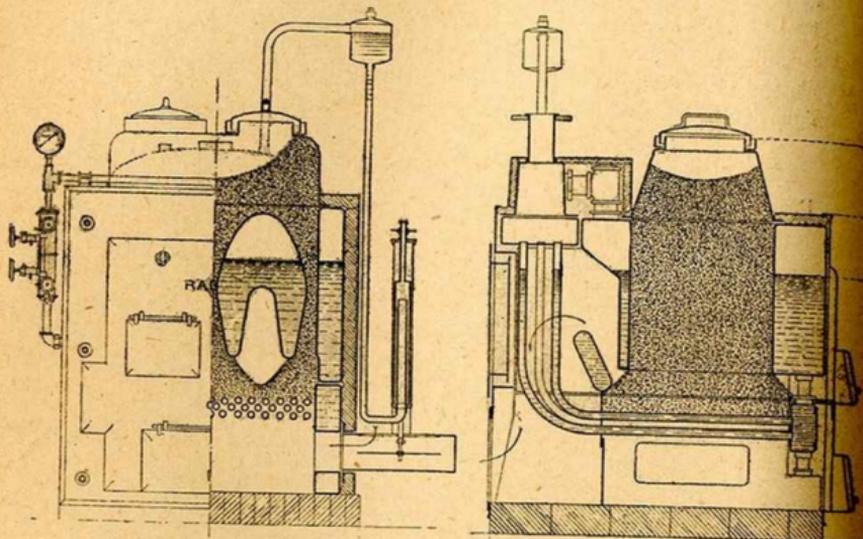


FIG. 235

Ce combustible, emmagasiné dans une ou plusieurs trémies qui contient la réserve nécessaire à douze heures de marche, descend, par son talus naturel, sur une grille constituée par un faisceau de tubes en acier ou en fer, assez rapprochés et disposés en quinconce sur 2 ou 3 rangs superposés.

La combustion est extrêmement lente, la surface de grille étant très grande (1 décimètre carré pour 1.000 à 1.200 calories à fournir), ce qui assure une très grande régularité de marche et une combustion sans mâchefer (18 à 22 kilogrammes de charbon brûlés par mètre carré et par heure). Les tubes sont dudgeonnés, à l'entrée, sur un collecteur dans lequel arrive l'eau de retour du chauffage, à la sortie, sous le réservoir de