

105 — 94 = 11°, écart moyen de température entre la vapeur et l'eau :

Transmission par mètre carré de serpentín :

$$11 \times 1.000 = 11.000 \text{ calories ;}$$

Surface de serpentín nécessaire :

$$\frac{12.000}{11.000} = 1\text{m}^2,10 \text{ environ,}$$

ce qui représente, en tuyau de 33/42, par exemple :

$$\frac{1,1}{0,042 \times 3,14} = 8 \text{ mètres de serpentín.}$$

En prenant un cylindre de 0^m,40 de diamètre, on pourra loger ces 8 mètres de serpentín en huit spires, représentant une hauteur de 0^m,70 environ.

Les dimensions du réchauffeur pulseur pourraient donc être de 0^m,40 de diamètre et 0^m,80 de hauteur, ce qui représente un encombrement très réduit, pouvant parfaitement trouver sa place dans la cuisine, l'office, ou la salle de bains, de l'appartement considéré.

Ajoutons, pour terminer, que cette étude nous montre nettement que la température de l'eau, dans le chauffage Rouquaud, ne peut jamais être inférieure à 100° au départ du réservoir d'expansion.

Système Nessi frères. — MM. Nessi frères ont fait breveter, en 1905, une disposition dans laquelle la circulation de l'eau chaude est obtenue par la production intermittente du vide en un point de la masse d'eau mise en circulation, ce vide résultant de la condensation brusque d'une certaine quantité de vapeur formée dans la masse d'eau, sous l'action de la chaleur.

Le système se compose (*fig. 509*) :

1° D'un réservoir fermé B, nommé *pulso-condenseur*, en communication avec la chaudière A par un tuyau de montée *a* et un tuyau de descente *b* ;

2° D'un réservoir d'expansion C, qui communique avec le précédent par un tuyau *c*, partant de la partie inférieure du réservoir B, et débouchant dans le réservoir C par un clapet de retenue, toujours noyé dans l'eau de ce réservoir, et placé sous une crépine perforée *o* ;

3° La conduite d'alimentation des radiateurs *d* part du réservoir C, un peu au-dessus du fond, de manière à laisser noyé le clapet *c*, fait tous les circuits nécessaires, au-dessus, au-dessous, ou au niveau même de la chaudière, et revient au réservoir intermédiaire D, avec lequel elle se raccorde à la partie haute, par un clapet *e* ;

4° Ce réservoir intermédiaire D, nommé *réservoir d'amorçage*, est en communication avec le réservoir B par un syphon *f*, débouchant dans le réservoir B au-dessus d'une crépine *p*, de grande surface, en tôle perforée, et par un tuyau *g*, qui part d'un renflement *h* placé au-dessus, et aboutit à la partie basse d'une boîte E, solidaire du réservoir A.

5° Cette boîte D communique avec le réservoir A par une tubulure *i*,

placée à la partie haute, et par un syphon renversé *hk*, dont une extrémité *k* est branchée sur D, un peu au-dessous de l'orifice du tuyau *g* dans cette boîte, et dont l'autre extrémité *h* est raccordée avec le réservoir A, un peu au-dessous de l'extrémité *k*, mais au-dessus de l'orifice du tuyau *c*;

6° Enfin, le renflement du réservoir d'amorçage D communique avec un petit tube *l*, deux fois recourbé, branché sur cette boîte plus bas que l'ouverture du tuyau *g*, et dont l'autre extrémité plonge dans un bain de mercure *m*

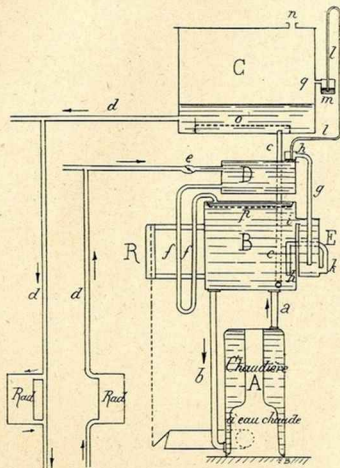


FIG. 509.

A la mise en route, les réservoirs B et D, ainsi que la circulation *dd*, et les radiateurs, sont remplis d'eau ; le réservoir C contient de l'eau jusqu'au-dessus de l'ouverture du tuyau *d*.

La chaudière étant mise en marche, l'eau s'échauffe graduellement dans le réservoir B ; il s'établit peu à peu, dans la partie supérieure, une pression de vapeur. Aussitôt que la tension de celle-ci est suffisante pour vaincre la pression de la colonne d'eau *Ccc*, l'eau du réservoir B est refoulée dans le réservoir C. Cette eau ne peut s'écouler dans le circuit *dd*, soit à cause du clapet *e*, soit en raison des résistances de ce circuit ; le niveau baisse donc dans le réservoir B, ainsi que dans la boîte E, en raison de la communication par le tube *i*, d'abord, et par le tube *hk*, ensuite.

Aussitôt que l'orifice inférieur du tube *g*, dans la boîte E, est démas-



qué, la vapeur passe par un tube *g*, arrive à la partie du réservoir amorceur D, et sa pression, fermant le clapet *e*, refoule l'eau du réservoir D, par le syphon *ff*, à la partie supérieure du réservoir pulso-condenseur B. Cette eau s'écoule en gouttelettes par les trous de la grande crépine *p*, en condensant instantanément la vapeur qui était contenue à la partie supérieure. Cette condensation instantanée produit brusquement le vide, et, aussitôt que celui-ci est amorcé, l'eau du réservoir amorceur D et l'eau du circuit *d* arrivent brusquement, pendant que l'eau chaude, précédemment pulsée dans le réservoir d'expansion C, remplace, dans le circuit *dd* et dans les radiateurs, l'eau refroidie ainsi aspirée.

Pendant le remplissage, l'eau et la vapeur saturée, contenues dans le réservoir B, sont à une température inférieure à 100°, parce que l'arrivée d'eau ainsi refroidie est assez considérable pour que la chaudière ne puisse pas la réchauffer instantanément, et la pression reste au-dessous de l'atmosphère jusqu'à ce que, toute la vapeur étant condensée, le réservoir B soit complètement rempli d'eau, comme au commencement de l'opération.

Le chauffage se continue ainsi, par pulsions et condensations successives.

Pendant la marche normale de l'appareil, en raison des hauteurs successives des orifices des tuyaux *g*, *k*, *h* et *c*, dans le pulso-condenseur B et la boîte E, la vapeur ne peut pas passer par le tuyau *c*, car elle est condensée avant que son orifice ne soit découvert ; il ne passe donc jamais de vapeur dans le réservoir C. Tant que l'eau n'est pas remontée dans le pulso-condenseur B, au-dessus de la partie supérieure du syphon renversé *hk*, la vapeur continue à être refoulée, par les tubes *i* et *g*, dans le réservoir intermédiaire D, ajoutant l'action de sa pression à la surface de l'eau de ce réservoir pour favoriser la descente de l'eau de D en B.

L'eau chaude qui passe par le tube *c* est à une température supérieure à 100°, et correspondante à la pression de la colonne *Ccc*. La crépine *o*, qui se trouve dans le réservoir C au-dessus du clapet *c*, a pour but de favoriser un mélange intime, au moment où une vaporisation se produirait, quand l'eau se trouverait brusquement à la pression atmosphérique qui existe dans le réservoir C, ouvert à l'air libre par le tuyau *n*.

Le syphon *ff* a pour but d'empêcher la vapeur de passer de B en D, tout en laissant passer l'eau en sens inverse, de D en B.

Dans le cas où une certaine quantité d'air aurait été ramenée par les tuyaux *de*, cet air s'accumulerait à la partie supérieure du réservoir amorceur D, dans le renflement *h*, et, à la fin du remplissage, serait refoulé par le tube *l* au travers du mercure du réservoir *m* ; il s'échapperait par sa tubulure *q*, dans le réservoir d'expansion et le tuyau *n*, ouvert dans l'atmosphère. Toutefois la tubulure *l* descend à une certaine pro-

fondeur dans le renflement h , de manière qu'il reste toujours en h une petite quantité d'air, qui empêche un amorçage par le tube g , et une circulation, qui échaufferait l'eau du réservoir D, et nuirait au vide ultérieur, au moment de la condensation de la vapeur.

Le tube ml sert d'indicateur de vide ; il peut être en verre, et placé sur une échelle graduée, pour permettre de surveiller la marche du chauffage.

L'intensité de la combustion se règle au moyen du nombre de pulsions que permet un régulateur de température R, placé en dérivation sur le réservoir pulso-condenseur B.

Le chauffage peut aussi se faire par une chaudière à vapeur à basse pression, fournissant sa vapeur à un serpentin placé dans le réservoir pulso-condenseur B, disposition analogue à celle que nous avons décrite pour le réchauffeur pulseur Rouquaud.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur le système Nessi frères, que nous ne connaissons que par la description publiée par l'Office des brevets français ; nous n'avons jamais eu l'occasion de voir une des installations de ce système.

D'après la description précédente, nous voyons, toutefois, que la pulsion, de même que dans l'appareil Rouquaud, ne peut se faire que lorsque la tension de vapeur dans le pulso-condenseur est supérieure à la hauteur de la colonne d'eau Ccc . Quelque réduite que soit cette hauteur, la température de l'eau pulsée est forcément supérieure à 100° , et l'eau chaude, dans le réservoir d'expansion C, a certainement une température voisine de 100° , au moment où elle part dans le circuit du chauffage.

Nous ne pensons donc pas nous tromper en disant que, comme les systèmes précédents, le système Nessi frères ne peut pas graduer la température de l'eau en circulation. Nous reviendrons plus loin sur ce sujet, dans l'étude comparative des divers systèmes.

En ce qui concerne la vitesse de circulation et les diamètres des tuyauteries qui en résultent, il nous est impossible de les calculer. Nous pourrions bien, en effet, les évaluer comme dans le système Rouquaud, en tenant compte de la hauteur de la chute entre les deux réservoirs C et D, mais nous commettrions une grosse erreur, car nous ne ferions pas entrer en ligne de compte l'action du vide, dont nous ignorons l'importance, et qui est certainement le facteur le plus intéressant.

Système Barker. — L'invention de M. Barker, dont le brevet a été pris en Angleterre le 30 septembre 1903, est basée sur un tout autre principe, et semble excessivement intéressante, parce que ce système paraît jusqu'ici être le seul qui permette de faire circuler l'eau à une tem-

pérature notablement inférieure à 100°, et qui peut s'abaisser dans certains cas jusqu'à 40 à 50°, ce réglage de température se faisant très simplement, et se maintenant automatiquement, après la simple manœuvre du robinet d'admission de vapeur pour le chauffage.

Supposons (fig. 510) un réservoir d'expansion, A, en communication avec l'atmosphère par un tuyau d'air *x*, une conduite principale de distri-

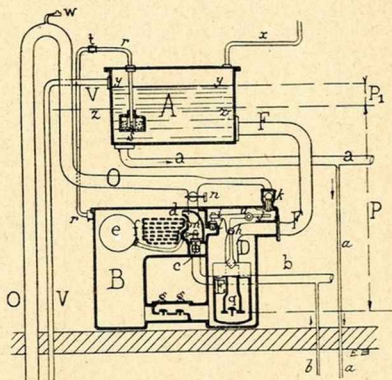


Fig. 510.

bution d'eau chaude *a*, desservant des branchements *a, a*, qui alimentent des radiateurs, des branchements de retour *b, b*, venant des radiateurs, un collecteur de retour *b*, arrivant à un clapet *c*, commandé par un flotteur *e*, puis à un ajutage *d*, qui règle l'écoulement sur des plaques perforées *f*, placées dans un réservoir B.

On comprend que l'eau contenue dans le réservoir A, froide ou chaude, s'écoulera, en vertu du principe des vases communicants, par les tuyaux *aaa*, passera par les radiateurs, reviendra par les tuyaux *b, b, b*, soulèvera le clapet *c*, s'écoulera par l'ajutage *d* sur les plaques perforées *f*, et remplira le réservoir B, jusqu'à ce que le flotteur *e* se soulève et vienne fermer le clapet *c*. A ce moment, l'écoulement s'arrêtera.

On comprend aussi que l'air que contenait le réservoir B sera refoulé par le tuyau *rr* et l'appareil silencieux *s*, placé à une faible profondeur dans l'eau du réservoir A, un clapet de retenue *t* empêchant l'aspiration de l'eau en sens inverse, si le vide est produit dans le réservoir B. L'ap-

pareil silencieux *s* est un simple cylindre, rempli de grains de plomb, et destiné à multiplier les contacts avec l'eau, pour éviter tout bruit de barbotage, si un peu de vapeur vient à s'échapper plus tard par le tuyau *r*.

Si, d'autre part, une conduite **oo** de vapeur à basse pression, munie d'un robinet de réglage *n*, admet de la vapeur en *m*, juste près de la tubulure *d* d'arrivée d'eau refroidie, il s'établit un contact intime de la vapeur avec les gouttelettes d'eau passant entre les plaques perforées *f*; la vapeur se condense instantanément, en transmettant toutes ses calories à l'eau, et il en résulte dans le compartiment B un vide intense, qui va en pratique jusqu'à 350 millimètres de mercure, et qui fait une puissante succion sur la conduite de retour d'eau refroidie **bb**, créant ainsi une circulation d'eau excessivement rapide.

Ce contact de la vapeur et de l'eau ne produit, du reste, aucun bruit, l'arrivée de la vapeur se faisant au-dessus de l'eau, et l'eau descendant en pluie sur les plaques perforées.

Le compartiment B communique, par un canal inférieur et les clapets de retenue *gg*, avec un second réservoir D, qui commence à s'emplier lorsque les clapets *gg* se soulèvent, dans les conditions que nous indiquons ci-après.

Dans ce compartiment est placé un seau flotteur E, suspendu à un levier *ij*, lequel est articulé en *h*, muni d'un contrepoids mobile à volonté, *u*, qui l'équilibre dans une certaine position, et dont l'extrémité *j* commande une soupape *k* d'introduction de vapeur, pendant que l'autre extrémité *i* commande une autre soupape *l* d'évacuation de vapeur, sur une tubulure communiquant avec le compartiment voisin B.

Enfin, dans l'intérieur du seau flotteur plonge un tuyau F, muni d'un clapet de pied *q*, et raccordé à la partie basse du réservoir d'expansion A.

Ajoutons que le niveau de l'eau *yy*, dans le réservoir d'expansion, est limité par un tuyau de trop-plein VV, qui retourne à la chaudière, et constitue le retour d'eau condensée.

Ceci posé, examinons le fonctionnement de l'appareil.

Au régime de repos, tout le système est plein d'eau jusqu'au niveau *zz* du réservoir d'expansion.

Le compartiment B est plein plus haut que la limite fixée par le flotteur *e*; l'eau, qui a pénétré par les clapets *gg* dans le compartiment D, a d'abord soulevé le seau flotteur, jusqu'à sa limite, puis, passant par-dessus son bord supérieur, l'a peu à peu rempli; ce flotteur s'est abaissé, et le levier *ij* a tourné autour de l'axe *l*, l'extrémité *j* venant soulever le clapet *k*, enfin le tuyau F est plein d'eau.

Nous supposons, pour le moment, que le robinet *n*, admettant la vapeur dans le compartiment B, est fermé, bien que ce ne soit pas indispensable pour notre explication. Le tuyau de vapeur O est éga-

lement rempli d'eau jusqu'à la ligne *zz*, dans le plan horizontal de la ligne d'eau du réservoir d'expansion, un reniflard *w*, qui s'ouvre lorsqu'il n'y a pas de pression de vapeur, empêchant l'eau de syphonner dans le tuyau *O*.

Aussitôt que la chaudière est mise en marche, et que sa pression atteint la valeur *P*, qui correspond à la hauteur du niveau de l'eau dans le réservoir d'expansion, au-dessus du point bas *q* du tuyau *F*, plus *P*, cette pression s'établit à la surface de l'eau du réservoir *D*, colle les clapets *gg* sur leurs sièges, et, par le tuyau *F*, refoule dans le réservoir d'expansion *A* toute l'eau contenue dans le seau flotteur *E* et dans le réservoir *D*, jusqu'aux bords supérieurs du seau flotteur.

A ce moment, ce seau tend à se soulever, et son mouvement d'ascension se fait brusquement, sous l'action du contrepoids *u*, placé sur le levier *ij*. Le robinet de vapeur *K* se ferme instantanément, et le robinet *l* s'ouvre, permettant l'échappement de la vapeur que contenait le compartiment *D* dans le compartiment *B*.

La pression dans le compartiment *D* cessant d'exister, les clapets *gg* se soulèvent, le niveau de l'eau tend à devenir le même dans les deux compartiments *B* et *D*, en même temps que le flotteur *e* s'abaisse, et ouvre le robinet *c* d'arrivée d'eau, c'est-à-dire le retour *bbb* des radiateurs. Immédiatement, un écoulement de l'eau chaude refoulée par le tuyau *F* s'établit du réservoir d'expansion *A* aux radiateurs, par les tuyaux *aaa*, et de ceux-ci au compartiment *B* par les tuyaux *bbb* et le robinet *c*.

Sous l'influence de cette arrivée d'eau refroidie, toute la vapeur d'échappement s'est condensée, en produisant un vide intense dans le compartiment *B*; les clapets *gg* se referment sur leurs sièges.

Mais le compartiment *D* et le flotteur *E* se sont remplis pendant ce temps; le levier *ij* a oscillé, fermant l'échappement *l*, et ouvrant l'entrée de vapeur *K*. Une nouvelle pulsion s'est produite, et les mêmes phénomènes se reproduisent, tant qu'existe la pression de vapeur $P + P_1$.

Ce mouvement de pulsion a lieu avec une très faible condensation de vapeur. En effet, la pulsion de l'eau entre le compartiment *D* et le réservoir d'expansion *A* est très rapide, environ 8 à 10 secondes, et, pendant ce temps, la vapeur est restée en contact seulement avec la surface, assez réduite, de l'eau dans le compartiment *D*.

Quand le clapet *l* s'est ouvert, la vapeur que contenait le compartiment *D* a été chassée par l'arrivée de l'eau par le fond de ce compartiment et les clapets *gg*; mais ce volume est assez faible, et cette vapeur, qui s'est condensée dans le compartiment *B*, n'a pu abandonner que peu de calories.

La température de l'eau ne s'élève donc que très peu pendant la pul-

sion, et on comprend, étant donné le rapport entre le volume d'eau en circulation et la surface des radiateurs qui assurent l'abaissement de température dans le parcours, qu'il est possible, en principe, de conserver, si on le désire, une température excessivement basse aux radiateurs.

Le système Barker est, du reste, le seul système qui permette une circulation accélérée d'eau à très basse température, et c'est son avantage le plus sérieux sur tous les systèmes de chauffage que nous venons d'étudier.

Au contraire de tous les systèmes précédents, la circulation est d'autant plus rapide que la température de l'eau est plus basse, puisque cette circulation est surtout produite par le vide dû à la condensation de vapeur dans le compartiment A, et que, comme dans tous les condenseurs, le vide est d'autant plus grand que la température de l'eau est plus basse. En effet, à mesure qu'on se rapproche de l'ébullition, le vide diminue ; à 100°, il est à peu près nul, et la circulation n'est plus produite que par la différence de niveau entre le plan d'eau *yy* du réservoir d'expansion et la tubulure *d* d'arrivée de l'eau des retours dans le compartiment B, c'est-à-dire que sa vitesse est assez faible.

Quand on veut augmenter la température de l'eau en circulation, on ouvre plus ou moins le robinet *n*, qui admet la vapeur dans le compartiment B, et le chauffage est excessivement rapide, puisque la vapeur se condense instantanément, par suite de son contact avec les gouttelettes d'eau, qui tombent en cascade sur les plaques perforées *f*. En pratique, on peut régler le robinet *n* par un contrepoids pour une pression donnée, et faire varier la pression à la chaudière pour la valeur de ce contrepoids, avec le minimum $P + P_1$. On peut aussi, par un système très simple de chaînette et galets de renvoi, commander ce robinet depuis la chaufferie.

La vapeur, en se condensant, augmente le volume d'eau de la circulation, et le niveau s'élève dans le réservoir d'expansion. Quand il atteint le niveau du trop-plein *V*, l'eau qui s'écoule fait retour à la chaudière, qui se réalimente d'elle-même. Il suffit, comme dans les systèmes de chauffage par la vapeur à basse pression, de remettre à la chaudière un peu d'eau le matin, au moment du chargement.

L'appareil que nous venons de décrire est celui qui était employé en Angleterre en 1906. Il fonctionnait avec de la vapeur à une pression de 300 à 600 grammes, et davantage, suivant l'importance des installations. Il existe en Angleterre de très grands bâtiments, des asiles d'aliénés, des hôpitaux, des bâtiments d'universités, etc., qui comportent jusqu'à 4.000 mètres carrés de radiateurs, alimentés par un seul appareil. Dans ce cas, la pression admise est, au maximum, de 1 kilogramme, ce qui permet une différence de niveau de 10 mètres entre le réservoir d'expansion et le dessous de l'appareil pulseur.

Dans une installation de l'importance de nos maisons de rapport, on

se contente d'une pression de 300 à 400 grammes. Les diamètres des conduites d'eau, dans ce cas, sont de 80 à 100 millimètres au départ, et les branchements des radiateurs sont en 8/13 jusqu'à 2 mètres carrés de surface de chauffe, 12/17 jusqu'à 4 mètres carrés. Exceptionnellement, pour de très gros radiateurs, on emploie des tuyaux de 15/21 et de 20/27.

Les diamètres de tuyauteries sont calculés très soigneusement, suivant des barèmes établis par expérience, en tenant compte de la longueur, de la distance à l'appareil, et des résistances des coudes, tés, robinets, représentées par des longueurs équivalentes de tuyauteries. Tous ces calculs sont établis pour des vitesses de circulation variant de 0^m,60 à 1^m,50 par seconde.

Les robinets sont toujours complétés par un organe de réglage, de manière à corriger, à l'essai, le débit de chaque branchement, en tenant compte des diamètres commerciaux des tuyauteries qu'il est nécessaire d'employer, et qui sont toujours plus gros que ceux déterminés par le calcul. Des diamètres trop gros auraient l'inconvénient de produire un fonctionnement irrégulier, le volume d'eau constant envoyé à chaque pulsion pouvant passer plus rapidement par les appareils les plus rapprochés que par les plus éloignés. Le réglage des robinets permet de corriger très exactement ces petites différences.

Nous avons visité en Angleterre plusieurs installations, notamment un asile d'aliénés à Newport, près de Cardiff, qui se compose d'une vingtaine de bâtiments à trois étages chacun, placés de part et d'autre d'une galerie centrale, et sur une longueur d'au moins 600 mètres. L'appareil Barker, placé dans une chaufferie à une extrémité, envoyait de l'eau chaude à tous les radiateurs, et la distance de la circulation d'aller et retour pouvait être de 60 mètres pour le radiateur le plus rapproché, et 2.000 mètres pour le plus éloigné. Au moment de notre visite, en avril 1906, la température était réglée à 60° au départ, et était encore d'au moins 55° au radiateur le plus éloigné, à 1.000 mètres de l'appareil. Les conduites passent en sous-sol, sous la galerie centrale, et sont revêtues de calorifuge sur tout leur parcours.

En Angleterre, du reste, on n'aime pas les températures élevées aux radiateurs, et on ne dépasse guère 75 à 80° dans les circulations d'eau chaude. Bien qu'on chauffe, en général, à 20° les locaux que nous chauffons à 18° en France, la chaleur émise par de grands radiateurs contenant de l'eau à 75° donne une impression infiniment plus agréable que celle de nos radiateurs à vapeur à 100°. La quantité de calories émise est évidemment la même pour un local identique, mais le rayonnement des appareils est moins violent, et la sensation générale meilleure.

Malheureusement, cette basse température conduit à des appareils plus gros, plus coûteux, et, si les Anglais réussissent à faire des travaux

dans ces conditions, c'est parce que les projets de tous les constructeurs sont établis sur cette même base. En France, si un constructeur voulait mettre en concurrence des installations d'eau chaude à cette basse température, avec des installations par la vapeur à basse pression, qui sont moitié moins coûteuses, ses projets, bien qu'infiniment préférables au point de vue hygiénique, ne seraient jamais adoptés.

Les appareils Barker destinés à être employés sur le continent, en France, en Belgique, en Allemagne, ont été très simplifiés, principalement au point de vue mécanique, pour pouvoir fonctionner sous les basses pressions, de 150 à 300 grammes, qui permettent d'installer des chaudières à vapeur à basse pression en communication avec l'atmosphère, et non soumises au contrôle des Mines. Ces installations peuvent être conduites par des domestiques quelconques, comme le sont les chauffages à vapeur à basse pression. Un chauffage a fonctionné tout l'hiver 1906-1907 dans un petit hôtel, et a donné des résultats à peu près satisfaisants.

Ces installations sont généralement établies avec une hauteur

$$P + P_1 = 1 \text{ mètre à } 1^m,20,$$

de sorte qu'une pression de vapeur de 150 à 180 grammes suffit pour vaincre les résistances des organes mobiles et de la colonne d'eau de refoulement.

Le léger bruit des clapets, flotteurs, contrepoids, se produit à l'appareil seulement, et ne s'entend que très peu dans l'immeuble.

Le chauffage Barker peut, du reste, être installé dans tous les cas, et se plier à toutes les conditions les plus variées nécessitées par la disposition des locaux ou des bâtiments.

Les seules conditions à remplir sont que le réservoir d'expansion et l'appareil pulso-réchauffeur doivent être placés au-dessus des radiateurs, de leurs conduites de distribution, et de la chaudière.

Les canalisations peuvent être horizontales, verticales, en pente ou en contre-pente; elles peuvent être cintrées, syphonnées sous les portes, etc., à la seule condition d'être purgées d'air aux endroits convenables, à chaque point haut.

La position de la chaudière est quelconque, par rapport à celle des radiateurs, au niveau, au-dessus ou au-dessous. La chaudière peut être placée en sous-sol, comme dans la figure 511, avec le réservoir d'expansion et l'appareil Barker au dernier étage, et les conduites de distribution des radiateurs dans une position quelconque, suivant les nécessités des locaux.

Il existe à Paris une installation dans laquelle la chaudière est placée

au sous-sol, l'appareil Barker au 7^e étage, ainsi que les conduites principales. Le rez-de-chaussée et l'entresol, loués à d'autres locataires, ne peuvent être traversés par les conduites, sauf dans un angle de l'escalier de service. Les 1^{er}, 2^e, 3^e, 4^e, 5^e, 6^e étages sont chauffés. Les conduites traversent le mur mitoyen, et vont chauffer le 2^e, le 4^e et le 5^e étages de

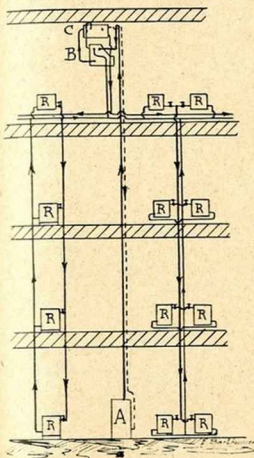


Fig. 511.

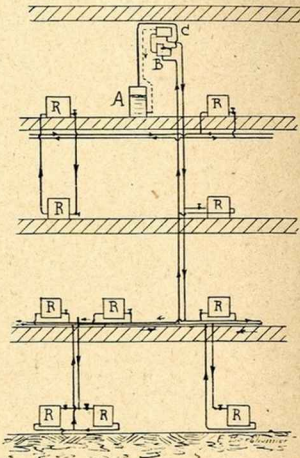


Fig. 512.

la maison voisine, qui appartient à la même location, et sont enchevêtrés dans des locations étrangères.

L'installation eût été impossible avec la vapeur à basse pression, à moins de faire de coûteux caniveaux sous les parquets, et de courir les risques d'inondation chez les locataires voisins, en cas de fuites dans les caniveaux.

La figure 512 montre une disposition analogue à la précédente, mais la chaudière est placée au dernier étage, et cette disposition permet néanmoins, et sans aucune difficulté, de placer des radiateurs à tous les étages inférieurs.

Enfin la figure 513 montre comment on pourrait réaliser le chauffage, par appartement, avec une chaudière centrale chauffée par le propriétaire, et des appareils séparés pour chaque locataire.



Un robinet, placé sur la conduite de vapeur alimentant l'appareil Barker, permettrait à chaque locataire de graduer à son gré le chauffage de son appartement, sans modifier en rien le chauffage des autres appartements. L'un d'eux pourrait, par exemple, régler son appareil pour une circulation d'eau à 95°, pendant que les autres régleraient leur température à 80, 70, 60, et même 50°.

Il serait très facile, en ramenant jusqu'à la chaufferie des tuyauteries

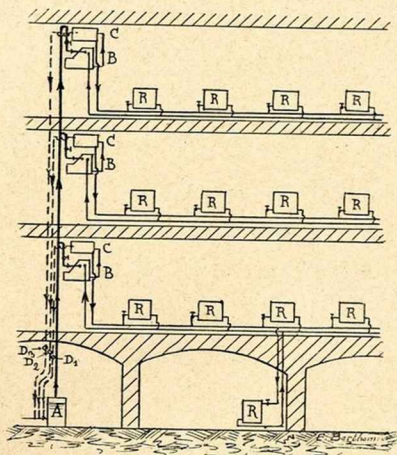


FIG. 513

de retour spéciales pour chaque appartement, de placer dans cette chaufferie un compteur d'eau divisionnaire, distinct pour chaque locataire, de manière à faire rembourser la dépense de combustible au prorata de la consommation de vapeur exacte de chacun d'eux.

Le chauffage Barker est certainement le seul qui permette de résoudre pratiquement ce problème.

On peut, toutefois, lui reprocher la multiplicité de ses organes mécaniques, que la pratique permettra, sans doute, de simplifier dans l'avenir.

COMPARAISON ET CRITIQUE DES DIVERS SYSTÈMES DE CHAUFFAGE PAR L'EAU CHAUDE A CIRCULATION ACCÉLÉRÉE

De fort nombreux brevets ont été pris pour des dispositifs ou pour des applications de principe tendant à accélérer la circulation de l'eau. Nous ne les décrirons pas, pour ne pas allonger inutilement cette description. Aussi bien, tous les systèmes précédemment décrits ont-ils fait leurs preuves, et des installations existantes, et ayant fonctionné pendant plusieurs hivers, ont prouvé qu'ils sont réalisables, avec les qualités et les défauts qui leur sont propres.

Circulations accélérées par émulsion, circulations par pulsion ou par production intermittente de vide, nous avons vu qu'ils se traduisaient tous par la production, nécessaire pour leur fonctionnement accéléré, d'une température supérieure à 100° en un point donné, et, par suite, par une circulation d'eau partant à 100° de l'organe principal de distribution aux radiateurs. Seul, le système Barker semble avoir résolu le problème de faire circuler l'eau indépendamment de sa température, et de permettre un réglage très précis de la température, en même temps qu'un réglage de la rapidité des pulsions successives. Le premier réglage s'obtient, comme nous l'avons dit, par la graduation, depuis 0 jusqu'à l'ouverture complète, du robinet d'admission de la vapeur dans le compartiment réchauffeur, et le réglage du nombre de pulsions peut se faire, soit par la diminution de la pression à la chaudière, soit par la manœuvre facile d'un contrepoids, sur le levier équilibrant le flotteur du compartiment pulseur.

Les partisans des systèmes par émulsion prétendent bien qu'ils peuvent faire circuler de l'eau à 50 ou 60°, et augmenter à volonté la température jusqu'à 100°, en ne se servant de l'émulsion que lorsqu'il faut accélérer le système.

Nous croyons que les dispositions des conduites, leurs syphons de remontage de l'eau, les faibles diamètres de leurs tuyauteries, ne permettent pas, en général, une circulation par simple thermo-siphon, et que, pour qu'il y ait vraiment circulation, il faut qu'il y ait émulsion, c'est-à-dire température d'au moins 100° au départ de la conduite de distribution aux radiateurs.

M. C. Guitton, ingénieur à Saint-Étienne, et concessionnaire du brevet Rouquaud, a présenté à l'American Society of Heating and Ventilating Engineers, au commencement de 1907, une très intéressante comparaison entre les systèmes par émulsion et le système Rouquaud par pulsion.

Cette étude, qui a été publiée dans les journaux techniques américains, est résumée ci-après.

Rapport de M. C. Guitton. — Systèmes par émulsion. — Le système Reck est le prototype de tous les systèmes dans lesquels l'eau, dans un circuit fermé, est mélangée avec de la vapeur ; en résumé, les circulations par émulsion sont de simples thermo-syphons, dont le principe directeur consiste dans l'addition, en un certain point de la colonne verticale d'ascension, d'un volume de vapeur, qui lui communique des calories, d'une part, et, d'autre part, forme un mélange d'eau et de vapeur plus léger que la colonne d'eau de hauteur correspondante, et produisant, pour cette raison, une rupture de l'équilibre hydrostatique, qui accélère la circulation.

Les organes principaux du système Reck sont : une chaudière à vapeur à basse pression, qui alimente à la fois un réchauffeur d'eau et un appareil, nommé circulateur, dans lequel se produit l'émulsion.

Tous les systèmes dérivés du système Reck ou, tout au moins, appliquant comme lui le principe de l'émulsion, sous une forme ou sous une autre (Hamel, Kœrting, Bruckner, etc.), emploient, pour produire cette double action, une chaudière à eau chaude au lieu d'une chaudière à vapeur.

Le corps de la chaudière forme la partie basse de la colonne ascendante, comme dans un thermo-syphon ordinaire ; à une certaine hauteur de cette colonne ascendante un réservoir de vapeur est réservé, dans lequel se dégagent les bulles de vapeur, qui se mélangent ensuite avec l'eau, à la manière d'un injecteur.

Il y a deux particularités dans cette méthode : la chaudière à eau chaude devient, en réalité, une chaudière à vapeur, puisqu'elle a de la vapeur à produire, et le circulateur, ou injecteur, avec son courant toujours égal, doit laisser passer toute la vapeur produite par la chaudière.

Ces systèmes diffèrent du système Reck en ce que l'eau chaude, élevée à une haute température, bout dans la colonne ascendante, avant d'arriver au point de mélange, et parce que la proportion de vapeur et d'eau n'est pas réglable au moment du mélange.

Dans tous les systèmes, Reck et autres, le courant d'eau, qui est saturé de vapeur aussitôt que l'émulseur commence à opérer, s'élève directement à un réservoir fermé : les deux fluides se séparent librement dans ce réservoir ; l'eau, plus lourde, reste à la partie inférieure du réservoir, et s'en va dans le circuit alimentant les radiateurs ; la vapeur s'élève à la partie haute du réservoir, et est conduite à un condenseur par une tuyauterie spéciale.

Le condenseur a deux buts : d'abord, abaisser la pression de la vapeur,

qui tendrait à faire contre-pression sur la surface de l'eau et à empêcher le mouvement d'ascension ; ensuite, ramener à la chaudière l'eau de condensation.

Ce condenseur est donc un organe presque aussi important que l'émulseur, et c'est certainement l'appareil le plus délicat de tous ces systèmes.

Dans l'ancien système Reck, la condensation était produite par un condenseur à surface, placé autour du tuyau d'ascension de l'eau chaude, en un point où elle n'était pas encore à l'ébullition, en avant de l'émulseur¹.

Dans le système Bruckner et dans le système Kœrting, le condenseur par surface est placé autour du tuyau de retour d'eau refroidie, revenant des radiateurs. Enfin, dans le système Hamelle, c'est le réservoir d'expansion lui-même, avec ses ailettes creuses, qui forme radiateur dans la chaufferie, et condense cette vapeur.

La condensation de vapeur doit être encore plus délicate dans les systèmes fonctionnant par chaudière à eau chaude que dans le système Reck, puisqu'ils doivent d'abord surchauffer l'eau dans la partie basse du système, pour avoir une vaporisation dans la partie haute ; la température de l'eau en circulation est évidemment d'au moins 100° pour qu'il puisse y avoir émulsion, et l'eau, à température élevée, condense difficilement la vapeur en excès, dans les condenseurs par surface.

Malgré leurs légères différences, tous ces systèmes sont basés sur le même principe et peuvent être représentés par le schéma de la figure 514.

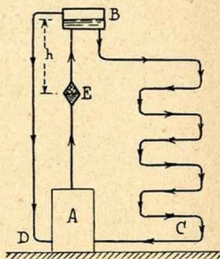


FIG. 514.

A, est la source de chaleur, chaudière à eau chaude, ou réchauffeur à serpentin de vapeur.

B est le réservoir d'expansion, fermé.

AB est la colonne ascendante d'eau chaude, émulsée à sa partie haute, en E ; BC est la conduite descendante de distribution aux radiateurs.

BD est la tuyauterie spéciale ramenant l'eau de condensation à la chaudière, et sur laquelle est placé le condenseur de vapeur en excès.

Ce croquis montre que la circulation a une vitesse correspondant à la différence du poids de l'eau dans les colonnes AB et BC. La densité maximum de l'eau étant 1, le maximum de vitesse correspondrait à une

1. Dans le nouveau brevet Reck, de 1905, la condensation se produit par contact direct de la vapeur avec l'eau de retour.

densité 0 du liquide dans la colonne AB. Cette supposition est, du reste, impossible, quelle que soit la hauteur de la colonne émulsionnée, puisqu'elle ne pourrait se présenter que s'il n'y avait pas d'eau dans la colonne AB, et si la température de l'eau dans la colonne AC était de $+ 4^{\circ}$.

Si, en pratique, la densité dans la colonne BC peut se rapprocher de l'unité, par exemple de 0,98, la densité dans la colonne émulsionnée dépend de deux facteurs, un maximum de vapeur, et un minimum d'eau.

Le volume d'eau minimum est celui qui peut contenir toutes les calories qui devront être absorbées dans le circuit, pour fournir aux locaux chauffés la quantité de chaleur nécessaire. La quantité de vapeur maximum est celle qui pourra être condensée par l'eau elle-même dans le circuit.

Cette quantité de vapeur est encore limitée par la température relativement basse à laquelle il est nécessaire d'introduire, dans la colonne montante, le volume nécessaire à l'émulsion, pour que l'excès ne puisse pas, par la suite, produire une ébullition locale de l'eau de retour, à son passage dans le condenseur. En effet, le résultat d'une telle ébullition locale serait une contre-pression, qui ralentirait la circulation.

Un exemple montrera clairement l'importance de cette condition. Supposons que la température de la vapeur donne une émulsion à 120° ; si la pression dans le réservoir d'expansion est légèrement au-dessus de la pression atmosphérique, chaque litre d'émulsion abandonnera là :

$$120 - 100 = 20 \text{ calories.}$$

Supposons, d'autre part, que l'eau, dans la colonne montante ou dans la colonne descendante qui alimente le condenseur, ait une température de 85° .

Un litre d'eau ne pourra absorber que :

$$100 - 85 = 15 \text{ calories.}$$

Les 15 calories absorbées ne représenteraient que les $3/4$ des 20 calories à reprendre à la vapeur en excès, et la différence de 5 calories non absorbées représenterait une contre-pression.

Dans une communication qu'a faite M. Reck, en 1904, à l'American Society of Heating and Ventilating Engineers (*Procès-verbaux* de 1904, volume X), il indiquait la limite de la hauteur du réservoir d'expansion au-dessus de son circulateur. Plus la hauteur d'eau qui forme pression sur l'émulseur est grande, plus la pression de vapeur, c'est-à-dire la température, doit être élevée, sans quoi la vapeur ne pourrait pénétrer dans le tuyau d'eau.

D'après M. Reck, la hauteur convenable est celle qui limite la densité de la partie émulsionnée à la moitié de la densité dans la colonne descendante de même hauteur. Cette différence de densité assure une vitesse de circulation de $0^m,35$ à $0^m,375$, dans les tuyauteries de 26/27 et 15/21 généralement employées.

Cette limite de $1/2$, entre la densité de la colonne émulsionnée et celle de la colonne descendante, est donc la limite normale de la puissance motrice de circulation de l'eau dans le système Reck.

Il n'est pas probable que ce résultat soit dépassé dans les autres systèmes par émulsion.

Si une chaudière à eau chaude est substituée à la chaudière à vapeur employée par M. Reck, les appareils réglant la pression de la chaudière doivent être raccordés au plus haut point du circuit, sur le dessus du réservoir d'expansion, ce qui rend la surveillance et le réglage plus difficiles et moins efficaces.

Comme l'injection de vapeur ne peut pas être aussi facilement réglée, elle est subordonnée à la tension de la vapeur qui s'accumule dans la colonne verticale, et qui est parfois immodérée. La pression devient souvent si importante qu'elle aspire l'eau de la chaudière, et qu'elle est même capable de vider celle-ci partiellement. Ce phénomène, qui se produit accidentellement dans les thermo-siphons ordinaires, à réservoirs d'expansion ouverts à l'air libre, devient, avec les systèmes par émulsion, tout à fait naturel et très fréquent, parce que l'eau de la chaudière est toujours à une température voisine de son point d'ébullition.

Enfin, le fait de réduire la quantité de vapeur en excès en la condensant autour de la conduite de retour, élève la température de celle-ci, c'est-à-dire diminue la densité de la colonne descendante, et oppose ainsi une résistance à l'ascension dans la colonne montante.

Pour ces raisons, on peut croire que la différence de densités dans les systèmes considérés n'est pas plus grande que dans le système Reck.

On peut donc en conclure :

1° Les caractères généraux de ces systèmes sont basés sur l'émulsion partielle, par injection de vapeur dans une circulation d'eau en vase clos, et dont la pression, en progression constante à cause de la vapeur s'accumulant dans un réservoir clos, doit être réglée par des dispositifs analogues à ceux des chaudières à vapeur ;

2° La puissance motrice maximum obtenue dans ces conditions peut être représentée par la différence des densités de deux colonnes, qui ont, respectivement, 2 et 1 comme valeurs, d'où $2 - 1 = 1$ '.

1. M. C. Guitton ne parle pas, dans ce rapport, de la nouvelle disposition du brevet de 1905, de M. Reck.

Il est bien évident que la condensation de la vapeur, par mélange avec l'eau refroidie

Circulation Rouquaud, ou circulation « par chute ». — Ce système est totalement différent des systèmes par émulsion ; la densité ne joue plus aucun rôle. Il ressemble au chauffage à vapeur « à air libre », dans lequel l'eau des retours retombe par son propre poids dans un réservoir ouvert, avant de revenir à la chaudière, pour recevoir un supplément de chauffage pour un nouvel effort. La différence est, cependant, que l'eau ne circule pas sous forme de vapeur, mais sous forme d'un liquide bouillant.

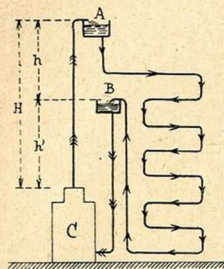


FIG. 515.

Cette circulation comprend trois phases : l'élévation de l'eau au distributeur (réservoir A) ; la circulation de l'eau, qui se refroidit dans son parcours, et revient à la chaudière, munie d'un élévateur spécial (éjectopulseur), et enfin l'élévation de l'eau à son point d'ébullition.

Ces trois phases sont montrées dans le croquis (fig. 515) par des flèches différentes :

A est le réservoir d'expansion, ou distributeur ;

B est le réservoir intermédiaire, ou collecteur ;

C est la chaudière, avec son élévateur ou éjecto-pulseur.

La distribution dans le circuit est produite par l'eau chaude à 100°, qui tombe librement du réservoir A au réservoir B, suivant les lois physiques de la chute des corps.

La puissance motrice n'est pas une différence de densités, mais une différence de niveaux, représentée par la hauteur de chute h .

L'eau est ramenée à l'élévateur, en passant par la chaudière C, par une autre chute, du niveau B à la chambre de l'élévateur, qui communique avec l'air par un tuyau de gros diamètre CA. La puissance motrice est encore une différence de niveau, représentée par la hauteur de chute h' .

L'élévation de l'eau bouillante, de C à A, est assurée au moyen d'une

dans les conduites de retour, tend à produire dans le condenseur un vide relatif, qui doit changer les conclusions de M. Guitton et se traduire par une accélération de vitesse de circulation.

En effet, si l'objection que l'échauffement de l'eau dans la conduite de retour diminue la différence de densité et, par suite, la vitesse de circulation, peut être maintenue dans son ensemble, il n'en est pas moins certain que le vide doit agir comme un facteur important ; la pression dans le réservoir d'expansion, qui était un obstacle, ne doit plus exister, et c'est là certainement un perfectionnement heureux et très sérieux, comme nous le disions pour le système Barker.

valve hydraulique, qui a pour résultat de garder la tension de la vapeur, dans l'élevateur, égale à la pression statique de la colonne CA ; cette tension ne peut jamais devenir plus grande, car, aussitôt qu'elle est égale à la pression CA, la valve hydraulique laisse se produire le mouvement d'ascension dans le tuyau CA, et la vapeur est alors mise en communication avec l'atmosphère. La puissance motrice est encore une différence de niveaux, $H = h + h'$.

Par conséquent, chaque phase de la circulation est produite, exclusivement, par une pression statique.

Nous voyons, par ces trois phases, que le courant d'eau, tombant en cascade du réservoir supérieur au réservoir inférieur, peut être continu ou intermittent. Il est continu, si la quantité des trois écoulements est égale pour une même unité de temps. Il est intermittent, si l'une d'entre elles ne peut pas équilibrer les deux autres.

Il est moins facile en pratique qu'en théorie d'égaliser la durée de ces trois écoulements. Mais, comme le but d'une installation de chauffage est d'accumuler dans la circulation une certaine quantité de calories par heure, il n'est pas indispensable d'avoir une circulation continue. En conséquence, une circulation intermittente a été adoptée.

Dans le but d'assurer une périodicité régulière, on peut calculer quel volume d'eau doit être élevé par heure par l'éjecto-pulseur, et régler l'intermittence de telle manière que la plus grande fréquence d'élévations corresponde à un maximum de froid.

La règle pratique pour atteindre ce maximum est facile à établir, et a été sanctionnée par cinq années d'expériences en chauffage. Elle donne un temps limite de 60 secondes pour l'écoulement d'une certaine quantité d'eau dans le circuit, et un temps un peu plus court, 50 secondes par exemple, pour qu'une égale quantité d'eau refroidie passe du réservoir inférieur au réservoir supérieur, avec l'aide de l'éjecto-pulseur. La marge de 10 secondes entre ces deux circulations simultanées représente l'intervalle minimum entre les chutes, à leur plus grande fréquence, ou un instant de repos. Cet instant fait la ligne de démarcation entre les deux circulations formant le transport parallèle, qui est le remplissage de l'éjecto-pulseur, en passant par la chaudière, et l'ascension de l'eau bouillante. Les temps généralement employés pour ces deux opérations sont respectivement de 20 et 30 secondes, soit ensemble, comme nous l'avons dit, 50 secondes.

Cette règle établit la proportion des hauteurs h et h' à la hauteur H , pour des tuyauteries de diamètres donnés, et, par conséquent, la vitesse des trois circulations. Ces vitesses sont généralement $0^m,50$ à $0^m,70$ par seconde pour la chute par les tuyauteries de distribution, et de 1 mètre à $1^m,40$ pour la chute dans la chambre d'élévation. Ces deux vitesses

sont indépendantes l'une de l'autre, et indépendantes également de la vitesse d'ascension, qui est généralement limitée à 0^m,50. En raison de cette indépendance des vitesses, il est possible d'employer de très petits diamètres pour les tuyauteries de distribution, qui sont généralement de 20/27 et 15/21, et même moins, et d'employer de gros diamètres pour les tuyauteries de la chaudière et la colonne ascendante.

On se rappelle qu'il y a un instant de repos entre deux séries de circulations. Cet intervalle de repos, dans les périodes les plus actives de chauffage, c'est-à-dire quand les fréquences sont les plus rapides, est de 10 secondes entre les deux chutes dans la tuyauterie de distribution, et de 40 secondes entre deux chutes dans l'élévateur.

Les vitesses par seconde des deux chutes ne peuvent pas, par conséquent, représenter les vitesses par heure, puisqu'il ne s'agit pas de courants continus. Les quantités d'eau distribuées par heure, en réalité, sont les mêmes que celles qui seraient fournies par des circulations continues à plus faibles vitesses, diminuées de

$$\frac{10 \times 60}{3.600} = \frac{1}{6} \text{ pour la première,}$$

et de

$$\frac{40 \times 60}{3.600} = \frac{2}{3} \text{ pour la seconde.}$$

La première, de 0,50 à 0,70, soit 0,60 en moyenne, correspond à une circulation continue à la vitesse de

$$\frac{0,60 \times 5}{6} = 0^m,50;$$

la seconde, de 1 mètre à 1^m,40, soit en moyenne 1^m,20, correspond à

$$\frac{1,20 \times 1}{3} = 0,40 \text{ de vitesse constante.}$$

Dans l'étude de la circulation, il n'est pas nécessaire de considérer la réutilisation de la vapeur émise au moment de l'élévation dans le réservoir distributeur, à une température correspondant à la hauteur ou pression H. Même si cette vapeur était évacuée et perdue, cela n'aurait aucune influence sur la circulation. Il suffit de montrer que, dans une installation bien établie, cette vapeur est entièrement récupérée, aussi bien pour sa chaleur latente de vaporisation que pour son eau de condensation. Elle est reprise de nouveau par divers appareils, pour en faire bénéficier l'eau de circulation, ou pour des usages domestiques non liés

au chauffage, suivant les lois qui règlent l'échappement à l'air libre, et sans produire de contre-pression.

La limite naturelle de la circulation périodique est la circulation continue. Elle devient continue aussitôt que la puissance calorifique de la chaudière est plus grande que la puissance d'émission du circuit, soit maximum, soit temporaire. Ceci n'est pas difficile à réaliser, mais peu intéressant à employer, parce que le système devient moins puissant et moins efficace. Par conséquent, la transmission de chaleur de la chaudière à l'eau doit être réglée. On la limite, en pratique, par un double système de réglage de la combustion, l'un régulier et automatique, l'autre, manœuvrable à la main et facultatif.

Le premier est réglé une fois pour toutes, pour permettre le bon fonctionnement par les plus grands froids ; l'autre peut varier, suivant la saison et les désirs des personnes chauffées.

Si la puissance calorifique ainsi déterminée était trop grande, les retours d'eau, généralement supposés à 70 ou 80°, reviendraient à la chaudière trop chauds, et l'eau se vaporiserait partiellement avant d'arriver à l'élévateur, en produisant un excès de vapeur dans la boîte de la soupape hydraulique, le fonctionnement de l'appareil serait modifié, et il agirait comme un injecteur.

La colonne ascendante serait saturée de vapeur, comme dans les systèmes par émulsion, et s'élèverait suivant une circulation continue, ce courant étant maintenu par une tension de vapeur, égale à la pression h' du réservoir inférieur au-dessus de la chambre de l'élévateur.

Quelle que soit l'importance de cette pression statique, la vapeur ne peut pas prendre plus de place que le volume de la chambre de la soupape hydraulique, puisque la caractéristique du système est de mettre cette chambre en communication directe avec l'atmosphère, aussitôt que la vapeur atteint ce volume.

En conséquence, la vapeur ne peut jamais se cantonner dans la chaudière, comme cela peut se produire même avec des thermo-syphons ordinaires.

Aussitôt que la puissance de la chaudière est abaissée, et rendue égale à la puissance d'émission des radiateurs, soit que le feu ait été modéré automatiquement ou par un registre, ou par refroidissement de l'eau des retours, l'eau cesse de se vaporiser en traversant la chaudière, l'excès de vapeur cesse dans la chambre de l'élévateur, et la circulation continue aussitôt est remplacée par une circulation périodique.

Dans la circulation continue, comme dans la circulation périodique, la force motrice qui produit cette circulation est seulement une pression statique.

Les caractéristiques de ce système peuvent être résumées comme suit :

1° Il est basé sur une chute d'eau périodique ou continue, d'un réservoir ouvert à un réservoir ouvert, par des circuits ouverts, et, la pression étant purement statique, aucun appareil de sûreté n'est nécessaire ;

2° La force motrice qui produit la circulation dans le circuit de chauffage peut être représentée par la différence entre deux colonnes, de valeurs respectivement 2 et 0, soit :

$$2 - 0 = 2.$$

Nous avons tenu à donner ici intégralement le rapport très documenté de M. C. Guitton, qui tend à établir que la force motrice qui produit la circulation a, dans le système Rouquaud, une valeur double de celle qui produit la circulation dans les systèmes par émulsion. Ceci ne doit pas être exact, comme nous l'avons dit, pour le nouveau brevet Reck de 1905, dans lequel la vitesse de circulation doit être certainement augmentée par le vide que produit le condenseur par mélange, à moins, toutefois, que ce vide, agissant par succion à la fois sur la colonne des re-

tours et sur la conduite d'arrivée à l'émulseur, n'ait, par là même, son effet détruit, si les deux circulations dans ces conduites, se produisent en sens inverse l'une de l'autre.

M. Guitton ne parle ni du système Nessi ni du système Barker, qui ne peuvent pourtant pas être passés sous silence, et dont il faut dire quelques mots.

Le système Nessi peut être considéré, pour la même raison que le système Rouquaud, comme une circulation par chutes périodiques, sous l'influence de pressions statiques.

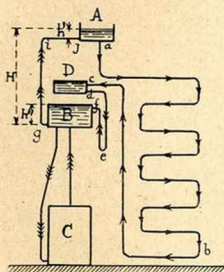


FIG. 516.

Il peut être représenté par le schéma ci-joint (fig. 516), dans lequel, en employant des notations et expressions analogues à celles dont se sert M. Guitton pour le système Rouquaud :

A est le réservoir d'expansion ou distributeur ;

B est le réservoir alternativement collecteur et éjecto-pulseur ;

C est la chaudière à eau chaude ou à vapeur, qui ne joue aucun rôle dans l'étude de la circulation ;

D est un réservoir d'amorçage, qui ne joue aucun rôle dans l'étude de la circulation.

Aucune publication n'a été faite sur le système Nessi, et nous sommes

réduits aux hypothèses en ce qui concerne la vitesse de circulation qui a été adoptée.

Supposons que le réservoir B, cylindrique, a un diamètre de 0^m,50 et une longueur de 1 mètre. Sa capacité est de 176 litres. Admettons que le branchement du tube de remontage *gij* se fait très près du fond, de manière que le volume qui sera pulsé est d'environ 175 litres.

Supposons encore que la hauteur d'élevation H est de 1 mètre.

Pour qu'il y ait pulsion, il faut, dans le réservoir B, une tension de vapeur d'au moins 1^m,05, ce qui correspond à une température de l'eau de 101^o,5 environ.

Lorsque l'eau sera pulsée, le volume de la vapeur sera de 180 litres, et correspondra à 0^{lit},111 d'eau vaporisée, contenant :

$$0,111 (606,5 + 0,305 \times 101,5) = 70 \text{ à } 71 \text{ calories.}$$

Quand cette vapeur se condensera, si la condensation était instantanée, le vide serait presque absolu, puisque le volume de 180 litres serait réduit à 0^{lit},111. En réalité, la condensation ne sera pas instantanée, mais progressive ; on peut admettre que le vide ne sera guère que de 1/2 atmosphère, et on peut le représenter par la hauteur d'une colonne d'eau de 5 mètres, ce qui est déjà beaucoup plus important que dans les autres systèmes.

Par suite, l'eau s'écoule du réservoir A dans le réservoir B avec une vitesse moyenne de :

1^o Celle produite par la hauteur de chute H, moins une partie de la hauteur *h''*, qui varie de *h''* à zéro, à mesure que le réservoir s'emplit (soit $\frac{h''}{2}$), ou :

$$P = H - \frac{h''}{2}.$$

Nous avons admis que H = 1 mètre, et *h''* = 0^m,50 ; d'où :

$$P = 1 - \frac{0,50}{2} = 0^m,75.$$

2^o Celle produite par l'action du vide, que nous avons admise en moyenne égale à 5 mètres.

La pression statique qui produit l'écoulement de l'eau de A vers B est donc, en moyenne, correspondante à une colonne d'eau de :

$$5 + 0,75 = 5^m,75.$$



LE CHAUFFAGE DES HABITATIONS

D'après la formule de Prony, pour un tuyau de 40 millimètres, et un circuit de 100 mètres de développement, le vitesse correspondante pourrait être de :

$$V = 26,75 \sqrt{DJ} - 0,025 = 26,75 \sqrt{0,040 \times \frac{5,75}{100}} - 0,025 = 1,256 \text{ environ,}$$

soit 1^m,25 en chiffres ronds.

La section d'un tuyau de 0^m,040 étant 0^m2,001256, le tuyau laisserait passer par seconde :

$$0,001256 \times 1,25 = 0\text{m}^3,00157,$$

et le volume de 180 litres s'écoulerait en 115 secondes, soit 1 minute 55 secondes, ou environ 2 minutes.

Il y aura ensuite un léger temps de repos, pendant lequel la chaudière devra fournir aux 180 litres, que nous supposons rentrer à une température de 85°, les calories nécessaires pour remonter à 101°5, plus les calories nécessaires à 0^{lit},111 vaporisé.

La quantité de calories à fournir est de :

$$(101,5 - 80) \times 180 + 0,111 (606,5 + 0,305 \times 101,5 - 101,5) \\ = 3.929 \text{ calories environ.}$$

La durée de ce chauffage dépend de la puissance de la source de chaleur, c'est-à-dire de la chaudière.

Enfin, il faut ajouter le temps nécessaire au remontage de 180 litres au réservoir d'expansion, qui pourrait être calculé pour être, par exemple, de 2 minutes.

Pour un appartement de 25.000 calories, on voit qu'il faudrait par heure :

Nombre de circulations périodiques, de chacune 180 litres, partant du réservoir à 100° et revenant à 80° :

$$\frac{25.000}{180 (100 - 80)} = \text{environ } 7.$$

Durée des circulations, à raison de 2 minutes pour la circulation, 2 minutes pour le remontage, et x minutes pour le chauffage :

$$7 (2 + x + 2) = 1 \text{ heure} = 60 \text{ minutes ;}$$

d'où :

$$x = 4 \text{ minutes } 34 \text{ secondes.}$$

Ce résultat serait évidemment mauvais et ne peut être accepté comme exact ; il est probable que les proportions adoptées par l'inventeur au point de vue des vitesses, durée, température des retours, ne sont pas celles de notre hypothèse.

Mais on peut en déduire avec toutes chances d'exactitude :

1° Que la vitesse de circulation est très grande dans les canalisations, et se rapproche probablement de 1 mètre à 1^m,25 ;

2° Que la durée complète d'une circulation, depuis le départ du réservoir A jusqu'au retour, est probablement assez longue, et varie entre 5 et 8 minutes ;

3° Qu'on choisit de préférence un grand appareil, et un petit nombre de circulations par heure.

Il y a des probabilités, du reste, pour qu'une telle circulation soit presque continue, au moment où le maximum de rendement est nécessaire, c'est-à-dire pendant les grands froids.

Le système Barker, dont le brevet a été pris un peu plus de deux ans avant le brevet Nessi, a un fonctionnement très sensiblement basé sur le même principe.

La circulation (*fig. 517*) dans ce système peut être décomposée en trois phases successives :

1° L'écoulement de l'eau, du réservoir distributeur A au premier réservoir récepteur-réchauffeur B ;

2° L'écoulement de l'eau, du réservoir récepteur-réchauffeur B dans le réservoir pulseur C ;

3° Le refoulement de l'eau, du réservoir pulseur C au réservoir distributeur A.

Les appareils sont réglés, et les canalisations sont calculées, pour que ces opérations se fassent très rapidement, et avec une périodicité de 2 à 3 par minute, au moment des grands froids, c'est-à-dire quand l'appareil donne toute sa puissance.

L'écoulement de A à B est produit par deux pressions statiques, qui s'additionnent :

1° La hauteur de chute H, qui correspond à une colonne d'eau de hauteur H, moins la légère pression *h*, de la colonne d'eau que doit vaincre l'air pour s'échapper du réservoir B, ce qui donne, en réalité, pour pression d'écoulement : $H - h$;

2° La dépression, ou vide partiel, qui se produit dans le réservoir B,

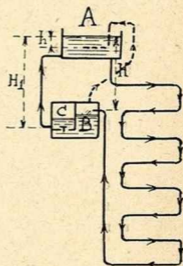


FIG. 517.

par suite de la condensation de la vapeur. Ce vide dépasse 350 millimètres de mercure, et on peut admettre qu'il correspond, en moyenne, à la hauteur d'une colonne d'eau de 5 mètres.

On remarquera, de suite, que la vitesse maximum doit être celle qui correspond à une circulation d'eau à peu près froide.

En effet, lorsque l'eau coule du réservoir A dans le réservoir B, la construction de l'appareil est telle que le réservoir C est vide d'eau, mais rempli de vapeur, qui, d'abord à la pression H, pour pulser l'eau de C en A, s'est ensuite détendue pour remplir à la fois les deux réservoirs B et C.

A mesure que l'eau arrive dans le réservoir B, cette vapeur se condense, le vide tend à s'établir dans le réservoir B ; mais, comme les deux réservoirs B et C sont en communication par la soupape d'échappement qui les raccorde à la partie haute, le clapet de retenue sur la tubulure qui les fait communiquer à la partie basse est également soulevé, et les deux réservoirs s'emplissent en même temps.

Le vide est donc maximum quand l'eau est froide, et que la condensation de vapeur est elle-même la plus importante.

Pour fixer les idées, nous pouvons dire que la capacité du réservoir C est de 25 litres, et que la hauteur H est de 1 mètre, ce qui correspond à 0^k0,155 d'eau vaporisée, à la température de 101°5, contenant :

$$0,0155 (605,5 + 0,305 \times 101,5) = 9,88 \text{ calories, soit } 10 \text{ calories.}$$

On voit donc que, du fait de la condensation de la vapeur au moment de l'emplissage, les 25 litres d'eau ont absorbé 10 calories, ce qui représente environ 0,4 calorie par litre, ou une élévation de température de 0°4.

Lorsque le niveau d'eau normal est atteint dans le réservoir C, le clapet du haut se referme, le clapet d'admission de vapeur dans le réservoir C s'ouvre, pendant que l'eau continue à arriver dans le réservoir B, qui s'emplit jusqu'au niveau normal permis par son flotteur.

Il y a, à ce moment, un léger temps d'arrêt, pendant que la vapeur arrive à la partie supérieure du réservoir C, et ce temps est réglé pour être de 2 à 3 secondes. Pendant ce temps se produit une condensation de vapeur, puisque l'eau est froide, mais cette condensation est peu importante, car la vapeur n'est en contact avec l'eau que par la surface, et la durée du contact est très courte. La pulsion se produit brusquement, et la durée d'écoulement de l'eau du réservoir C au réservoir A ne dure pas plus de 4 à 5 secondes ; ce qui fait, pour l'ensemble, 7 à

8 secondes. L'expérience montre que, pendant ce temps, la température des 25 litres d'eau s'est élevée d'environ 2 à 3°.

Dans son mouvement d'emplissage des réservoirs B et C, et pendant le refoulement au réservoir A, la température de l'eau peut n'avoir augmenté que de 3° au maximum. Comme il peut y avoir trois pulsions par minute, ou 180 par heure, ceci représente :

$$3^{\circ} \times 25 \times 180 = 13.500 \text{ calories par heure, au maximum.}$$

Il est facile de voir que l'écoulement de ces 25 litres en 12 secondes, par la tuyauterie raccordant les réservoirs A et C, c'est-à-dire par les appareils de chauffage, est parfaitement réalisable.

En effet, nous avons vu que la pression statique qui a produit l'écoulement est représentée par :

$$H - h + 5 \text{ mètres.}$$

D'après la construction des appareils, lorsque la hauteur

$$H_1 = 1 \text{ mètre, } H = 0^{\text{m}},50 \text{ et } h = 0^{\text{m}},10 ;$$

d'où :

$$H - h + 5 \text{ mètres} = 5^{\text{m}},40.$$

Supposons que la longueur du circuit est de 60 mètres, la pente par mètre est de :

$$\frac{5,4}{60} = 0^{\text{m}},09,$$

et, si le diamètre du tuyau est de 40 millimètres, d'après la formule de Prony,

$$V = 26,75 \sqrt{0,040 \times 0,09 - 0,025} = 1^{\text{m}},58.$$

La section d'un tuyau de 40 millimètres étant de 0,0012566, le volume débité en 1 seconde pourrait être de :

$$1,58 \times 0,0012566 = 1^{\text{lit}},985.$$

et les 25 litres s'écouleraient en 12^{sec},6.

Lorsque la température de l'eau augmente, c'est-à-dire lorsqu'on commence à introduire de la vapeur dans le compartiment réchauffer B, la condensation de la vapeur pendant un certain temps est considérable, et le vide se maintient. L'expérience prouve que le maximum est atteint



vers 80 à 85°, et que, au-dessus de cette température, la vitesse de circulation commence à diminuer, parce que le vide lui-même diminue. A 100° il n'y a plus de vide du tout, et la vitesse de circulation n'est plus donnée que par la pression correspondant à $H - h$, c'est-à-dire à 0^m,40.

Cette vitesse est de beaucoup supérieure à celle des thermo-siphons ordinaires, et permet encore de vaincre facilement les résistances des tuyauteries, mais il est nécessaire néanmoins d'augmenter les diamètres de ces tuyauteries.

En Angleterre on limite la température à 80°, et c'est pour cette température assez basse que sont calculés les radiateurs, la tuyauterie et tous les appareils. Avec 80°, les radiateurs sont de grandes dimensions, leur rendement est de 500 à 550 calories par mètre carré, mais, en revanche, les canalisations sont très petites, et un tuyau de 8/13 peut suffire largement pour un radiateur de 3 mètres carrés. La température est, du reste, très facile à réduire, et on peut sans grande difficulté maintenir 50 à 60° dans le circuit du chauffage.

Vers 95°, les radiateurs sont plus petits, et correspondent très sensiblement à ceux employés dans le chauffage par la vapeur à basse pression ; mais les tuyauteries sont plus grosses que dans le cas précédent, quoique plus petites encore que celles du chauffage à vapeur.

Le chauffage Barker est, à notre avis, celui qui se rapproche le plus des conditions cherchées au point de vue du réglage de la température de l'eau en circulation, qu'il est le seul à résoudre. Tous les autres systèmes précédemment décrits ne permettent en effet que la circulation d'eau bouillante, ce qui, peut-être, est économique au point de vue de l'installation première, mais rend le réglage impossible.

On reproche au système Barker de nécessiter une chaudière à vapeur à basse pression, et d'être, par son appareil spécial, un peu compliqué et très mécanique ; on dit avec juste raison que les domestiques chargés de conduire le chauffage ne sont pas des mécaniciens. En réalité, il existe des appareils en Angleterre qui marchent depuis plusieurs années. En France, on n'a l'expérience que d'un hiver, mais cette expérience n'a pas révélé d'inconvénient grave, et est, en somme, assez satisfaisante¹.

Nous nous réservons de donner un développement très important aux divers systèmes de chauffage par circulation d'eau accélérée dans notre « Théorie et Pratique des chauffages par l'eau chaude », où quatre chapitres sont réservés à cette importante question.

1. Depuis la 1^{re} édition de cet ouvrage, nous ne croyons pas que les applications du système Barker se soient multipliées en France, en raison des difficultés rencontrées avec le fonctionnement des multiples détails mécaniques, clapets, axes, etc. Nous le regrettons, et nous estimons qu'il était facile de simplifier, et d'améliorer la fabrication un peu critiquable des constructeurs anglais.



Nous appelons toutefois l'attention des conducteurs sur la très réelle difficulté d'installation de ces systèmes. Les théoriciens la connaissent bien, et ne s'y engagent qu'avec circonspection. Les entrepreneurs non théoriciens, trop souvent trompés par les indications, voire même les formules données dans les catalogues de certains fournisseurs, s'étaient imprudemment lancés dans cette voie il y a quelques années.

Les résultats ne furent pas heureux ; de nombreux procès le prouvèrent, et on ne doit pas hésiter à dire que les maisons qui installèrent les petits chauffages d'appartements par ces systèmes, furent, pendant quelques années, les meilleurs clients des experts judiciaires et amiables.

Certes, ces installations sont possibles, mais nous estimons qu'elles sont aussi difficiles à exécuter, sinon plus, que les grandes installations de chauffage par thermo-siphons ordinaires.

CHAPITRE XXI

APPAREILS EMPLOYÉS DANS LES CHAUFFAGES PAR L'EAU CHAUDE

CHAUDIÈRES A EAU CHAUDE

Les chaudières employées pour le chauffage par l'eau chaude sont généralement plus simples que les chaudières à vapeur à basse pression, pour les petites installations. Toutefois, dans les grandes installations, on emploie des chaudières de construction identique dans les deux cas.

Chaudières pour chauffages de serres. — Pour les chauffages de serres, on se sert le plus souvent de chaudières en cuivre rouge, en tôle

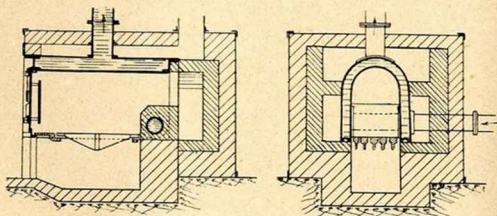


Fig. 518.

rivée ou soudée, ou en fonte, dont la coupe est celle d'un fer à cheval (*fig. 518*).

La grille est placée à l'intérieur du fer à cheval, et une enveloppe en maçonnerie est construite autour de la chaudière, en réservant des carreaux de circulation pour les gaz chauds, qui reviennent à l'avant sur les côtés, puis retournent à l'arrière sur le dessus, pour gagner la cheminée.

Cette chaudière est ainsi entièrement entourée par les gaz de la combustion, qui lèchent toutes ses parois ; sa surface de chauffe est entièrement utilisée, aussi a-t-elle un excellent rendement. La transmission va jusqu'à 20 et même 30.000 calories par mètre carré de surface de chauffe, dans les petites chaudières.

Le départ d'eau chaude se fait sur le dessus ; le retour d'eau refroidie est raccordé sur un des côtés. Pour que l'alimentation se fasse bien dans les deux branches du fer à cheval, et aussi dans le but d'entretoiser les deux faces de la chaudière, on les raccorde généralement, sauf pour les tous petits appareils, par un gros tube de communication, qu'on place dans l'autel ou derrière l'autel de la chaudière, afin qu'il ne reçoive pas l'action directe du foyer.

On augmente souvent la surface de chauffe des chaudières en fer à cheval en ajoutant des tubes intérieurs, qui servent pour le retour à

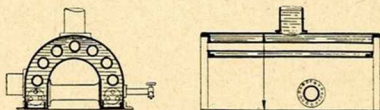


FIG. 519.

l'avant des gaz chauds du foyer. Dans ce cas, on fait sur le côté et sur le dessus une seule circulation des gaz revenant à l'arrière, parce qu'ils sont déjà assez refroidis quand ils ont traversé les tubes, et qu'ils ne pourraient supporter un troisième carneau (*fig. 519*).

Les chaudières tubulaires de ce type n'ont pas un rendement supérieur à celui des précédentes, mais elles contiennent une surface de chauffe plus importante sous le même volume.

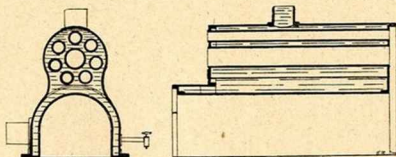


FIG. 520.

Toutefois, elles coûtent plus cher, et, si les eaux sont calcaires, elles s'entartrent assez facilement.

On construit aussi, mais surtout en cuivre ou en fonte, des chaudières

en fer à cheval, surmontées d'une partie cylindrique tubulaire, qui fait corps avec elle (*fig. 520*). Cette construction, un peu compliquée et coûteuse, ne peut, bien entendu, être admise que si le chauffage se fait sans pression d'eau, la circulation et le réservoir d'expansion étant à une faible hauteur au-dessus de la chaudière.

Un modèle plus résistant, et qui permet une légère pression, est celui représenté par la figure 521.

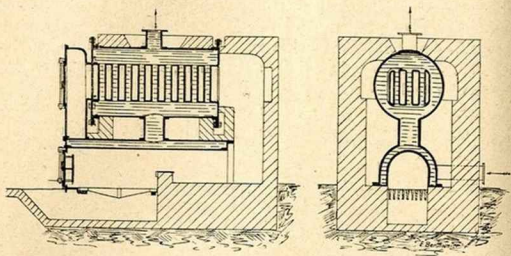


FIG. 521.

Le corps cylindrique supérieur est raccordé au fer à cheval par une ou plusieurs communications verticales, ou cuissards.

Ce cylindre est lui-même garni de tubes, soit de tubes horizontaux, comme ceux des chaudières à vapeur, soit de tubes verticaux, comme le représente la figure 521.

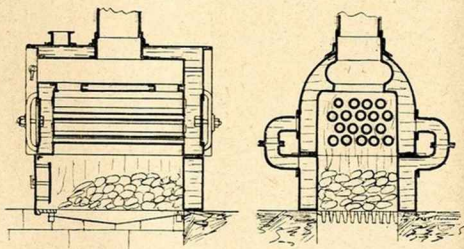


FIG. 522.

Il est possible ainsi d'augmenter la surface de chauffe ; mais, à moins d'avoir une très grande grille, le rendement est plus faible, et la chau-

dière ne transmet pas plus de 12 à 15.000 calories par mètre carré.

On emploie quelquefois ces chaudières sans maçonnerie.

Dans ce genre on peut remarquer la chaudière de la figure 522, qui comporte un socle en forme de bouilleur, raccordé avec un fer à cheval, placé au-dessus, par deux grosses communications. Entre le foyer et le dôme du fer à cheval se trouve un faisceau tubulaire, placé en plein feu, puis un collecteur de gaz chauds, placé entre deux lames d'eau, celle intérieure formant chicane, avec deux ouvertures pour le passage des gaz.

Quand on enveloppe cette chaudière d'un bon calorifuge extérieur, on a un appareil excellent, dont le rendement dépasse 20.000 calories par mètre carré de surface utilisée, parce que toute cette surface reçoit le rayonnement direct du foyer.

Dans la même classe on peut ranger la chaudière en cuivre (fig. 523), qui se compose d'un fer à cheval pour le foyer, raccordé à l'arrière avec

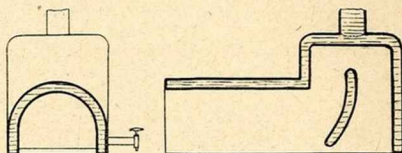


FIG. 523.

une partie prismatique, dont il est séparé par un autel creux, formant lame d'eau.

Le rendement de cette chaudière est à peu près le même que celui de la précédente. On l'enveloppe souvent de maçonnerie, en réservant des carnaux autour de sa surface extérieure, pour empêcher les gaz de partir trop chauds à la cheminée; mais la transmission extérieure est assez faible, et ne doit être comptée que comme appoint très peu important.

Ces chaudières ont presque toutes l'inconvénient d'avoir un très petit foyer, qui nécessite des chargements fréquents, et donne lieu à une irrégularité de marche, qui n'est pas sans inconvénient pour le chauffage des serres. Un jardinier exercé, qui connaît bien sa chaudière, réussit à la faire marcher pendant plusieurs heures, en couvrant convenablement son feu, et en réglant son tirage. Mais, pendant la période des grands froids, il est obligé de se lever au moins une ou deux fois par nuit, pour être bien sûr que le feu ne s'éteint pas, et que les plantes ne gèleront pas dans les serres.

M. Bœringer construit un type de chaudière à fer à cheval, à fonctionnement continu, dans lequel il a ajouté une trémie, qui contient une réserve de charbon permettant de ne s'occuper du feu que deux à trois fois par vingt-quatre heures.

La figure 524 représente cette chaudière, munie de la grille spéciale Michel Perret, dite grille immergée, destinée à la combustion des charbons menus. Cette grille est à barreaux très rapprochés, pour que le charbon ne coule pas dans les vides ; ces barreaux sont eux-mêmes très minces, pour augmenter les sections du passage de l'air : il en résulte qu'ils sont peu résistants, et qu'ils fondraient facilement à la chaleur intense du foyer, si on n'avait pas la précaution de les refroidir. M. Michel Perret avait fait breveter, il y a environ trente-cinq ans, le principe de

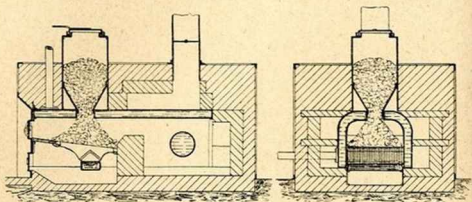


FIG. 524.

refroidir ces barreaux en faisant baigner leur partie inférieure dans une bâche remplie d'eau, d'où le nom de grille immergée, donné à cette disposition.

L'inconvénient principal de cette grille est de rendre difficile la traversée de la couche de charbon par l'air nécessaire à la combustion, surtout avec une disposition de chargement continu, dans lequel le charbon forme un cône assez épais sur la grille.

Dans les grilles de chaudières industrielles, M. Perret était obligé de faire sous la grille une admission d'air sous pression, soit au moyen de souffleurs à jet de vapeur, soit par des ventilateurs. Cette disposition est évidemment inapplicable pour les chauffages de serres ou les chauffages d'habitations, car, la plupart du temps, on ne dispose pas de vapeur ni de force motrice : aussi la grille immergée Michel Perret ne trouve-t-elle sa place que lorsque la cheminée est très haute, pour assurer un tirage exceptionnel.

Nous pouvons, pendant que nous parlons des appareils Michel Perret, signaler que les foyers à étages et les foyers à dalles perforées de cet inventeur peuvent être employés en chauffage à eau chaude, soit au

moyen de chaudières horizontales tubulaires placées au-dessus du foyer (fig. 525), soit par des chaudières verticales tubulaires (fig. 526), placées à l'arrière ou sur un côté.

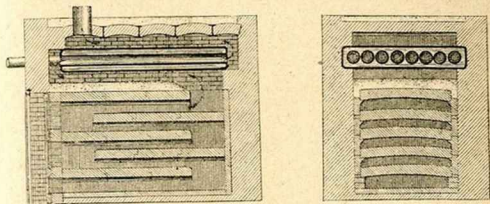


FIG. 525.

Disons de suite, pour n'y plus revenir, que les foyers Michel Perret employés au chauffage à eau chaude sont d'excellents appareils pour les chauffages de serres et pour les chauffages d'habitations, dans les pays où la période de froid rigoureuse est de très longue durée. En effet, à la continuité de chauffage du foyer vient s'ajouter celle de l'eau chaude, dont le grand volume en circulation est très long à se refroidir, et transmet une chaleur absolument constante.

Mais cet avantage se transforme en défaut encore plus grave avec les chauffages à eau chaude qu'avec les

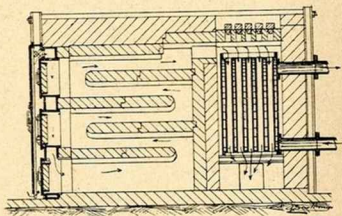


FIG. 526.

chauffages à air chaud, sous nos climats à températures variables, car le volant de chaleur emmagasiné dans les appareils et conduites d'eau chaude, constamment maintenu par le foyer, dont l'intensité est presque impossible à réduire, donne une transmission absolument insupportable, au moment des journées tempérées, si fréquentes en France pendant l'hiver.

Chaudières ovales. — Une disposition qui a eu une très grande vogue, très méritée du reste, consiste à disposer la chaudière en double

fer à cheval, c'est-à-dire à lui donner une forme ovale, avec le foyer à l'intérieur (fig. 527).

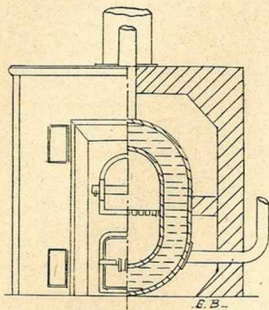


Fig. 527.

extraire par un trou d'homme sur la façade.

Ces chaudières se font depuis 1 jusqu'à 8 et 10 mètres carrés de surface de chauffe, et leur rendement est de 12 à 15.000 calories par mètre carré de surface totale, virole extérieure comprise.

Chaudières Chappée. — Toutes les chaudières que nous avons décrites dans le chapitre des chaudières pour le chauffage par la vapeur à basse pression sont également fournies pour le chauffage par l'eau chaude. Les chaudières à fonctionnement continu : chaudières en tôle (fig. 236), chaudières cylindriques tubulaires verticales (fig. 237) et horizontales (fig. 238), chaudières à lame d'eau (fig. 239), chaudières Préférables (fig. 240) et les chaudières à grands foyers La Française (fig. 247), sont applicables ici, et n'ont pas à être décrites à nouveau.

Le coefficient de transmission par la radiation du foyer est considérable ; la circulation des gaz chauds par des carneaux, entre la maçonnerie et la virole extérieure, assure une très bonne utilisation du combustible.

Le chauffage de la partie sous le foyer est doux, aussi l'eau y est-elle à l'état de repos, et c'est sous le cendrier que se font les dépôts de boues et calcaires, faciles à

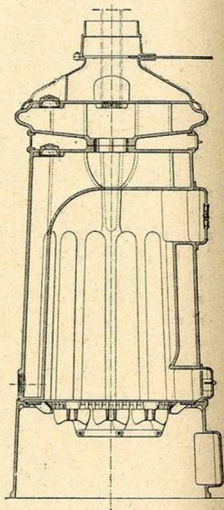


Fig. 528.

Nous mentionnerons seulement ici les petites chaudières Alpha Fon-

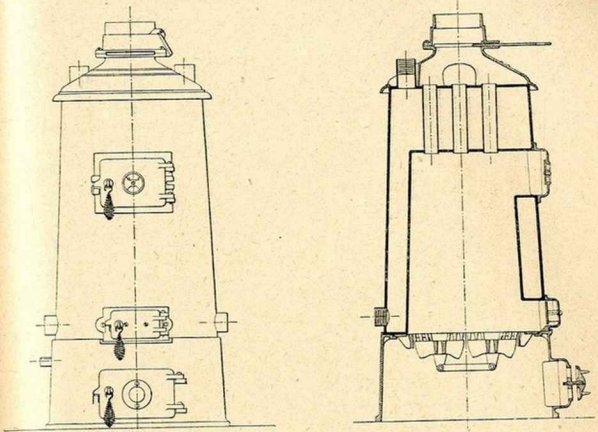


FIG. 529.

teau (fig. 528), fournies en 4 numéros, de 0,55 à 1^m, 50 de surface de chauffe, et Alpha Tôleau (fig. 529), de 1^m2,15 à 2^m2,30 de sur-

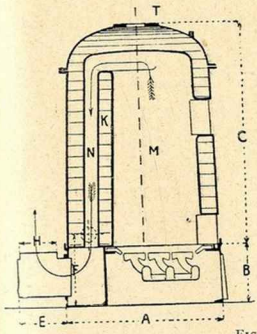
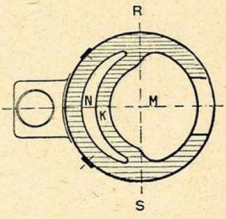


FIG. 530.



face, les premières entièrement en fonte, les secondes en tôle soudée et tubes d'acier.

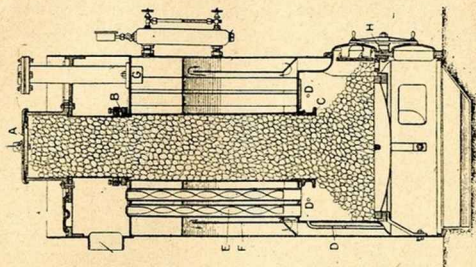


FIG. 531.

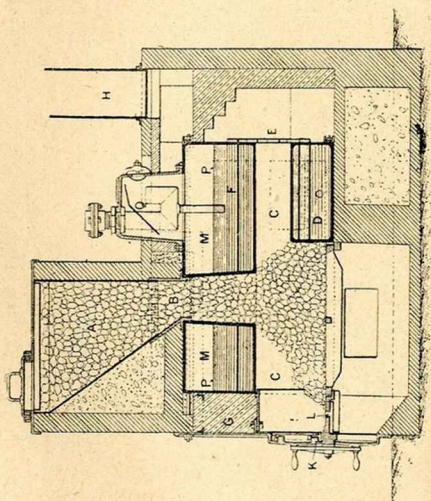


FIG. 532.

Chaudières Phœbus. — La Compagnie Française des chaudières Phœbus, outre ses modèles à magasin de combustible Phœbus (*fig. 241*), et Volcan (*fig. 248*), à grand foyer, fournit un petit modèle à cloison intérieure et retour de flamme, dit « Bijou » (*fig. 530*), entièrement en fonte, en trois modèles, de $1^m^2,15$ à $2^m^2,37$ de surface de chauffe.

Chaudière 1' « Intensive ». — La Société métallurgique de Montbard-Aulnoye, qui s'est spécialisée dans la construction des chaudières en tôle soudée, fournit, outre ses grands modèles AB (*fig. 531*) pour vapeur ou pour eau, et l'Exacte (*fig. 532*) pour vapeur et pour eau, une chaudière spéciale, qui mérite une mention particulière, et qu'elle appelle l'Intensive (*fig. 533*). Une cloche intérieure en tôle sépare la lame d'eau en

deux parties, l'une extérieure, l'autre intérieure, de faible épaisseur, entourant tout le foyer, et terminée à la partie haute par un ajutage spécial, au pied de la colonne montante. Étant donné la forme spéciale de cet ajutage, un entraînement dynamique produit, d'après les constructeurs, une circulation accélérée, suivant une formule et des abaques sur l'application desquels nous croyons devoir faire certaines réserves, d'après les expériences personnelles que nous avons eu l'occasion de faire.

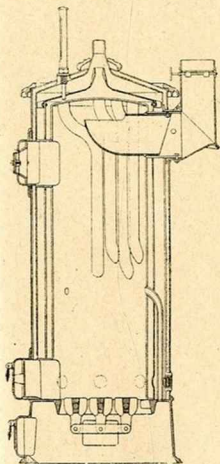


Fig. 533.

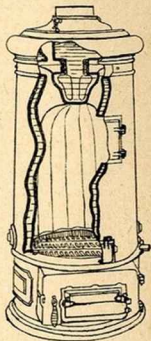


Fig. 534.

**Chaudière
Idéal Premier.** —

Outre les grands modèles, Idéal (*fig. 244*), Cyclone (*fig. 245*), Astra (*fig. 246*), la Compagnie Nationale des Radiateurs construit sous le nom de « Idéal Premier », une dizaine de modèles de chaudières, de $0^m^2,50$ à $2^m^2,60$ de surface de chauffe, entièrement en fonte (*fig. 534*).

Ces chaudières du type à grand foyer ont le mérite du bon marché. Leur allure ne doit guère être poussée au-delà de 8 à 10.000 calories par mètre carré de surface de chauffe, dans les conditions du chauffage. Elle peut atteindre, peut-être, un chiffre de transmission plus élevé, si on se base sur le volume d'eau qui peut être chauffé de 0 à 60°, mais cette allure n'est pas intéressante, car, d'une part, en chauffant les eaux font retour à la chaudière vers 50° à 60° et non pas à 0°, et le départ dans la circulation doit se faire vers 85-90° et non pas à 60°. L'écart entre l'entrée et la sortie est tout au plus de 40°, dans toutes les questions de chauffage. D'autre part, moins la combustion est poussée, plus facile est le réglage du grand foyer, et moindre est la production de mâchefer sur la grille.

Thermo-siphon Leroy et C^{ie}. — MM. Leroy et C^{ie} construisent, de 0m²,50, à 1m²,50, de petits poêles thermo-siphons, en tôle d'acier assemblée à la soudure autogène, qui se composent d'un corps cylindrique creux, formant la chaudière proprement dite, reposant sur un cendrier en tôle avec cuvette d'eau; elles possèdent un magasin de combustible central en fonte, muni de chicanes horizontales, pour guider les gaz chauds, et formant bain de sable à la partie haute, pour recevoir le couvercle (fig. 535).

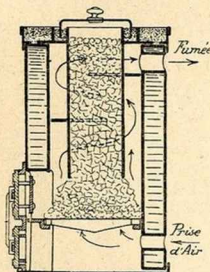


FIG. 535.

Ces chaudières, dont le prix est modeste, sont très soignées de construction; tous les joints sont parfaitement étanches; les portes de foyer et de cendrier sont en fonte à joints rabotés hermétiques; ces portes sont solidaires, et ne peuvent être ouvertes l'une sans l'autre. L'entrée de l'air nécessaire à la combustion se fait sous la grille, par une tubulure spéciale, indépendante de la porte, et soumise à l'action du régulateur.

Chaudières diverses. — Pour tous les modèles de chaudières des constructeurs et du commerce, nous renvoyons aux chaudières en tôle verticales ou horizontales, et aux chaudières en fonte à éléments assemblés, types des figures 223 à 249 que nous avons longuement décrits au chapitre xv du *Chauffage par la vapeur à basse pression*.

Les chaudières à vapeur et les chaudières à eau chaude sont identiques, sauf, pour les dernières, la suppression des organes, soupapes de sûreté, niveaux d'eau, robinets de jauge, manomètres, etc., qui n'ont pas de raison d'exister sur les chaudières à eau chaude.

RÉGLAGE AUTOMATIQUE DE LA TEMPÉRATURE DE L'EAU EN CIRCULATION

Pour qu'un chauffage par l'eau chaude puisse être réglé depuis la chaufferie, de manière à faire varier à volonté la température de l'eau en circulation, il est indispensable que la chaudière soit munie d'un régulateur automatique, qui proportionne convenablement la combustion de charbon, et l'arrête aussitôt que cette température est atteinte.

Ce régulateur joue, en somme, le même rôle que ceux placés sur les chaudières à vapeur à basse pression.

Le marché français était envahi avant la guerre de régulateurs plus ou moins bons, mais vendus à très bas prix. Il est infiniment désirable que sur ce point la fabrication française s'organise.

Les plus anciens régulateurs de ce type étaient basés sur les dilatations différentes de tubes de longueurs égales, composés chacun d'un métal différent, dont le coefficient de dilatation n'est pas le même, comme le cuivre et le fer.

La figure 536 montre un régulateur allemand, de ce type. L'appareil est placé près de la chaudière, en dérivation sur deux tubulures, raccordées respectivement sur le tuyau de départ d'eau chaude, et sur le retour d'eau refroidie.

Quand la température de l'eau dépasse ou reste au-dessous de la moyenne fixée, la différence de dilatation augmente ou diminue la longueur d'une tige, qui agit sur un levier, mobile autour d'un axe. Ce levier porte, à son extrémité opposée à l'axe de rotation, une chaîne, dont la

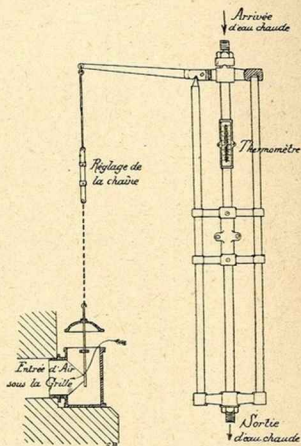


FIG. 536.

longueur est réglable à volonté, et qui vient fermer ou ouvrir la soupape d'entrée d'air sous la grille, pour régler l'intensité de la combustion.

Une disposition allemande extrêmement répandue est celle des figures

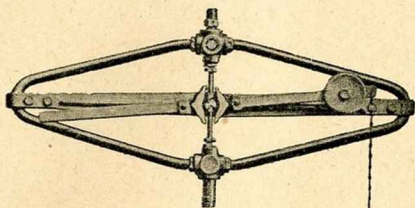


FIG. 537.

537 et 538. Un système de tubes déformable est parcouru par l'eau, en dérivation sur le départ de la chaudière et sur le retour. La déformation

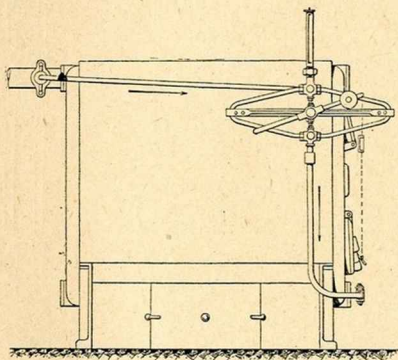


FIG. 538.

ne se fait que dans un sens, en raison d'une entretoise rigide qui la limite dans l'autre sens. Elle se transmet à un système de levier, avec contre-poids de réglage et chaîne à longueur également réglable.

Ces types de régulateurs à dilatation de métaux ne sont pas fameux. Tout d'abord, la différence de dilatation est peu importante pour

quelques degrés en plus ou en moins, de sorte que l'appareil est peu sensible, long à se mettre en œuvre, et nécessite une amplitude de levier très importante. La figure 537 montre que le grand bras, qui commande la chaîne de manœuvre de la soupape d'air, est 20 fois plus grand que le petit bras, correspondant à l'articulation. De plus, la composition moléculaire des métaux n'est pas constante et se modifie avec le temps ; la dilatation varie avec la composition moléculaire, et ces régulateurs nécessitent des réglages assez fréquents, et sur l'efficacité desquels on ne peut guère compter.

La plupart des régulateurs à eau chaude employés aujourd'hui sont basés sur la pression constante des vapeurs saturées, pour des températures constantes.

Considérons un liquide se vaporisant à basse température, comme l'alcool ou l'éther, placé sous une membrane flexible, dans une lentille prolongée par un tube plongeur (fig. 538 bis). Si on place ce tube dans un circuit, en dérivation entre le tuyau de départ d'eau chaude et le tuyau

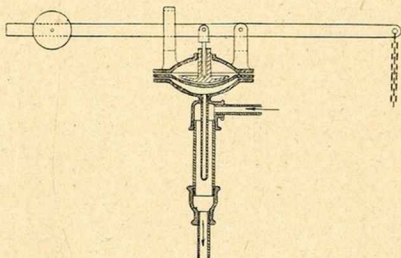


FIG. 538 bis.

de retour d'eau refroidie, le liquide prendra le même température que celle de l'eau. Une certaine quantité de ce liquide se vaporisera, dès que la température correspondant à son point de vaporisation sera atteinte, et la tension de sa vapeur sera constante, pour une température constante. Cette tension déformera la membrane, et celle-ci pourra alors actionner un levier, absolument comme dans les régulateurs à membrane décrits pour les chauffages à vapeur.

On reproche à ces régulateurs divers défauts.

Tout d'abord, la membrane, généralement en caoutchouc, se détruit assez rapidement, et il faut alors non seulement la remplacer, mais en-

renouveler le liquide, qui se vaporise instantanément quand la membrane se rompt.

Certains constructeurs allemands remplacent le caoutchouc par une rondelle plissée en métal écroui très mince et très élastique.

De plus, ces liquides sont très fluides, et s'évaporent même à froid, en passant au travers des joints, toujours très difficiles à garder étanches. La membrane en caoutchouc est généralement collée sur la fonte avant d'être serrée dans le joint, mais le liquide et sa vapeur trouvent facilement une issue, et il faut renouveler fréquemment ce liquide, qui est soit de l'essence de pétrole, soit une solution d'ammoniaque à 12 0/0.

Ce genre de régulateur est donc, lui aussi, très sujet à caution.

Régulateurs à tubes plongeurs. — Les Allemands proposaient avant la guerre une dizaine de modèles de ces appareils, tous vendus à très bas prix et généralement assez mauvais, sauf pour l'un d'entre eux, qui était vraiment un bon appareil. La figure 539 montre l'un de ces appa-

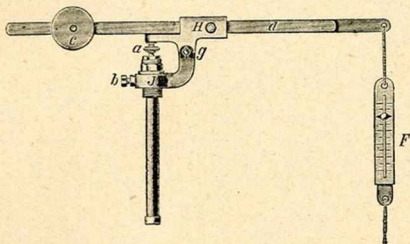


FIG. 539.

reils. L'organe principal est un tube plongeur contenant un liquide très dilatable, identique comme principe à celui du purgeur automatique (fig. 415). La dilatation du liquide se traduit par le mouvement vertical d'un petit piston, qui se soulève de 15 millimètres environ pour la température de 90° à la chaudière ; ce piston, dont la longueur est réglée par un petit écrou molleté *a*, soulève un levier *d*, articulé en *g*, muni à une extrémité d'un contrepoids *c* de réglage, et commandant à l'autre extrémité la chaîne de manœuvre du clapet d'entrée d'air, au cendrier, de longueur elle-même réglable par l'échelle graduée *F*.

L'articulation *g* se fait sur un bâti en forme de collier *J*, qu'une vis de serrage *b* maintient suivant l'orientation nécessaire. La tige du levier *d*

est elle-même de longueur variable par un coulisseau qu'un écrou H règle à la position nécessaire, le contrepois mobile C réglant l'équilibre dans cette position.

Régulateurs Nessi et Bigeault (fig. 539 bis). — Un cylindre 1 vissé sur le dôme de la chaudière contient un liquide dilatable, par exemple de

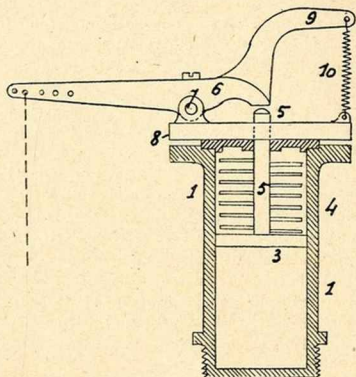


FIG. 539 bis.

l'éther sulfurique. La dilatation de ce liquide agit sur un piston 3, maintenu en position par un ressort hélicoïde, composé de plusieurs lames rainurées. La tige 5 du piston commande un levier 6 articulé en 7 sur le couvercle 8 du cylindre. Le ressort 10 agit sur le bras 9 du levier, pour le maintenir en contact permanent avec la tige 5 du piston. Les déplacements du levier agissent, par l'intermédiaire d'une chaîne, sur le clapet d'entrée d'air au cendrier de la chaudière.

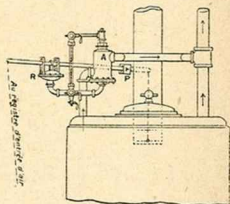


FIG. 540.

Régulateur Bohain. — M. Bohain avait fait breveter, et exposait à Paris, en 1900, un régulateur basé sur un principe identique, quoique un peu plus compliqué. Son appareil se com-



pose de deux parties : une petite chaudière A, et un régulateur B à membrane (*fig. 540*). La chaudière A est branchée en dérivation sur la chaudière et sur le tuyau de départ d'eau chaude.

Elle se compose essentiellement d'une enveloppe en fonte et d'un cylindre intérieur en bronze. L'intervalle entre les deux cylindres est rempli par l'eau chaude en circulation. Le cylindre intérieur est rempli aux $3/4$ avec un mélange d'eau et d'essence de pétrole; il est muni d'un indicateur de niveau d'eau, et communique par sa partie inférieure avec le récipient placé sous la membrane du régulateur B, qui est absolument identique à celui que nous avons décrit pour le chauffage par la vapeur à basse pression.

On comprend que, lorsque la température dépasse le point d'ébullition de l'essence, celle-ci se vaporise, et la pression de sa vapeur, s'exerçant à la surface du liquide, se transmet sous la membrane, qui se déforme, et agit elle-même sur le levier qui commande l'entrée d'air sous la grille, et sur le registre de fumée de la chaudière.

Ce régulateur possède le même défaut que les précédents, les joints étant très difficiles à établir avec l'essence de pétrole. On remarquera que le même résultat pourrait être obtenu avec de l'eau ordinaire, à la condition d'établir le vide au-dessus de sa surface, de manière à diminuer sa température d'ébullition. Il est vrai que le vide serait tout aussi difficile à maintenir, en raison des joints qui existent forcément dans l'appareil, et dont l'étanchéité se détruirait sous l'influence de la pression atmosphérique.

Régulateur Sylphon (*fig. 540bis*).—Le régulateur américain Sylphon, de la Compagnie Nationale des Radiateurs, est basé sur le principe de la

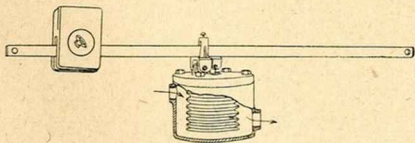


FIG. 540 bis.

dilatation d'un liquide qui se dilate à basse température, et qui est enfermé dans un réservoir en cuivre plissé en accordéon, absolument identique à celui du même nom que nous avons décrit dans le chauffage par la vapeur à basse pression. Lorsque ce réservoir plissé est rempli, on le soude hermétiquement, et son étanchéité est absolue, sauf en cas de rupture du métal.

Ce réservoir est placé dans une enveloppe en fonte, raccordée elle-même par deux tubulures avec le départ d'eau chaude et avec le retour d'eau refroidie (fig. 541).

Lorsque l'eau commence à chauffer, le liquide contenu dans le tube se dilate, le réservoir plissé s'allonge, et communique son mouvement à un levier équilibré, sur lequel se déplace le contre-poids de réglage, et qui agit, par l'intermédiaire de chaînes, sur l'entrée d'air au cendrier, et sur le registre de la cheminée. L'action du régulateur commence dès que la température de l'eau atteint 35°. Si elle venait à s'élever dans de trop grandes proportions, il ne pourrait y avoir danger de rupture que si la température de l'eau dépassait 105°.

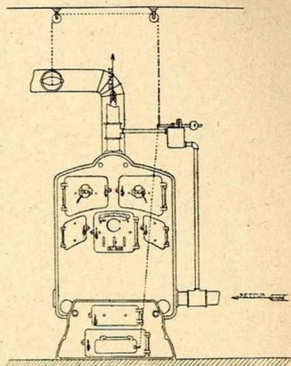


FIG. 541.

Cet appareil donne de bons résultats ; on peut craindre cependant que la tige soulevée par le tube plissé pour agir sur le levier ne vienne à se coincer dans son passage

par le presse-étoupe de l'enveloppe d'eau : ce presse-étoupe doit être périodiquement vérifié.

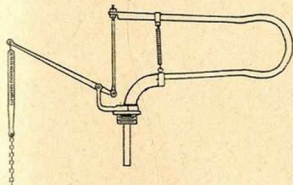


FIG. 542.

piré de nombreuses formes de régulateurs.

Dans celle de la figure 542, ce tube est recourbé en forme d'arc flexible, et maintenu en position, à froid, par un ressort à boudin. Une extrémité est raccordée à un tube fermé, muni d'un écrou, qui peut se visser sur un tube en fer, de manière à plonger dans un circuit en dérivation de la tuyauterie d'eau chaude de la chaudière. L'autre extrémité est libre, et raccordée par une tige à un levier articulé, qui agit sur l'entrée d'air au

Régulateurs Heintz. —
L'application de la méthode de M. Heintz reposant sur la déformation d'un tube en métal écroui, rempli d'un liquide dilatable à basse température, a inspi-

ce registre, par l'intermédiaire d'une chaîne. Enfin, la longueur de cette chaîne est réglable à volonté, au moyen d'une petite crémaillère, de

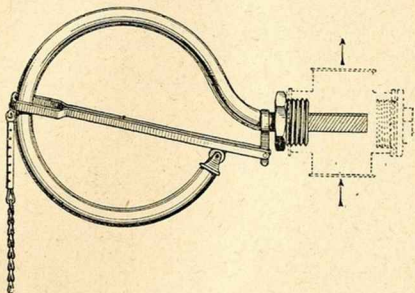


FIG. 543.

manière à proportionner l'ouverture du registre qu'elle entraîne à la température de l'eau que l'on veut maintenir.

A froid, la position du tube est telle que le registre d'entrée d'air est ouvert en grand. Si la température de l'eau tend à s'élever, elle se communique, par l'intermédiaire du tube plongeur, au liquide contenu dans le tube. Ce tube se déforme, tend à s'ouvrir en tirant sur le ressort, et l'entrée d'air se ferme sous le cendrier.

La longueur de la chaîne se règle pour que le registre soit complètement fermé quand la température de l'eau que l'on veut maintenir est atteinte.

Dans la disposition des figures 543 et 544, le tube-ressort est recourbé en un cercle presque complet, et la déformation agit, par l'intermédiaire d'un petit galet qui déplace un levier auquel est articulée la chaîne. Cet appareil n'est pas très sensible, le tube plongeur

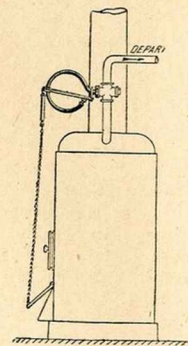


FIG. 544.

étant extrêmement court, et la disposition du galet n'étant pas très heureuse au point de vue mécanique.

Dans la disposition de la figure 545, le tube-ressort est placé dans une

boîte étanche, placée en dérivation sur le circuit d'eau chaude. Ce régulateur ne donne pas sécurité absolue, parce que la déformation du tube se

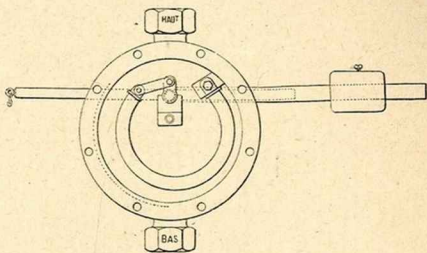


FIG. 545.

transmet par deux articulations, placées dans l'eau, et par un axe qui traverse un presse-étoupe. Ces trois dispositifs donnent fréquemment lieu à des coincements.

Ce régulateur fut adopté pendant longtemps par une maison de constructions de chaudières, qui lui dut certainement une bonne partie de ses déboires.

Régulateur Grouvelle et Arquembourg (fig. 546). — Ce régulateur est basé sur la dilatation d'un tube AB, fixe à la partie inférieure, libre à la partie supérieure, et recevant l'eau chaude en circulation par les tubulures *a* et *b*, placées en dérivation sur le circuit.

Ce tube se termine à la partie haute par un couteau de balance C. Entre ce couteau et un autre couteau D, fixé sur une planchette, est placé en équilibre un levier DJ, sur lequel se déplace un contrepoids de réglage H, et qui porte à l'extrémité libre un galet de roulement K.

Ce galet roule lui-même sur une came L, de forme spéciale, permettant de faire varier à volonté la distance entre le point de contact et un point M de sa tige de support MNO, auquel est raccordé un levier MP, mobile sur un axe P. Cette tige de support porte un contrepoids N, et coulisse verticalement entre deux guides O. Le levier MP porte à son extrémité libre une tige ou une chaînette, qui supporte la soupape R, réglant l'entrée de l'air au-dessous de la grille.

On comprend que ces leviers ont pour but d'amplifier considérablement le déplacement produit par la dilatation du tube AB, qui est elle-même assez faible.

Le levier MP est légèrement déséquilibré par le contrepois N, de manière que la soupape R soit fermée lorsque le galet J ne s'appuie pas sur la came L. Le contrepois H est réglé pour que la soupape R soit sou-

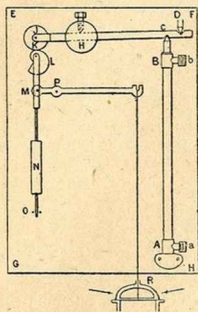


FIG. 546.

levée de son siège, quand le galet J s'appuie sur la came L. Les rapports des bras de levier CD et DJ sont calculés pour que l'allongement vertical du tube AB, entre deux températures extrêmes, par exemple 40° et 95°, soit égal à la différence des rayons de la came, pour un angle de rotation de 180° du galet J. Enfin le déplacement vertical du point M, pour une levée complète de la soupape, environ 3 à 4 centimètres, n'est qu'une faible partie du déplacement vertical du point J.

L'appareil étant réglé pour une température demandée de l'eau chaude, la soupape R est légèrement levée lorsque l'eau est à peu près à cette température, comme l'indique la figure 546.

Si la température de l'eau tend à baisser, le tube AB se contracte, le galet vient appuyer sur la came, et la soupape d'entrée d'air s'ouvre davantage.

Au contraire, si la température de l'eau tendait à monter, le tube AB se dilaterait, soulevant le galet J, et la soupape d'entrée d'air se fermerait.

Ce régulateur est un appareil de précision et d'un fonctionnement mathématique. On peut craindre que la délicatesse de ses organes ne fassent de lui un appareil de laboratoire, plutôt qu'un instrument de réglage, destiné à rester dans l'humidité d'une chaufferie en été, et dans les poussières de charbon et de cendres, pendant la période de fonctionnement de la chaudière, en hiver.

Il semble douteux que ce régulateur puisse être soumis au réglage d'un chauffeur inexpérimenté, comme le sont les domestiques, les servantes ou les concierges, chargés des services de chauffage.

En résumé, la question des régulateurs automatiques pour le chauffage par l'eau chaude n'est pas aussi bien résolue que pour le chauffage par la vapeur à basse pression.

Maintenant que le chauffage par l'eau chaude tend à prendre un grand développement en France, et à se substituer au chauffage par la vapeur à basse pression que l'extrême recherche du bon marché a discrédité, il est à souhaiter qu'un bon régulateur soit créé, qui donne complète sécurité de marche.

THERMOMÈTRES

Il est indispensable, pour pouvoir contrôler le fonctionnement des régulateurs placés sur les chaudières à eau chaude, de les compléter par un thermomètre indiquant la température au départ.

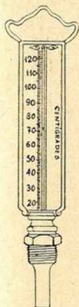


FIG. 547.

La figure 547 montre le type de thermomètre le plus sérieux. Le réservoir du thermomètre plonge dans du mercure, placé dans un tube fermé, et, en visant la douille du thermomètre sur un raccord de tuyauterie, on immerge complètement dans l'eau en circulation ce tube fermé. La chaleur de l'eau se transmet au mercure, et de celui-ci au thermomètre.

Cet appareil est un peu coûteux, mais il n'est pas fragile, et le joint de sa douille filetée se fait facilement sur les tuyauteries en fer ou même directement sur la chaudière.

La disposition de la figure 548 est plus commune, et vendue très bon marché. Le tube en verre peut être remplacé très facilement dans la monture en cuivre, et c'est heureux, car il est assez fragile. Le réservoir du thermomètre doit être maintenant constamment dans un bain d'huile.

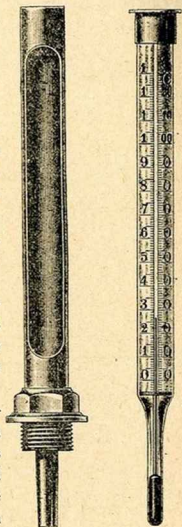


FIG. 548.

Il existe, toutefois, des modèles encore moins coûteux, et qui se posent sur les canalisations sans nécessiter de joints. Le réservoir du thermomètre est placé derrière la planchette graduée, et un petit ressort l'applique sur le tuyau d'eau chaude. Deux colliers à vis de serrage maintiennent l'ensemble sur ce tuyau.

A la vérité, ce thermomètre ainsi placé indique la température du tuyau plutôt que celle de l'eau. Mais, en chauffage à eau chaude, on n'a pas besoin d'indication rigoureuse, et la température légèrement inférieure marquée par ce thermomètre est très suffisante.

INDICATEUR DE NIVEAU D'EAU

Il est bon de compléter une installation de chauffage par l'eau chaude par un indicateur à cadran, montrant à la chaudière la hauteur de l'eau dans le réservoir d'expansion.

Ce réservoir est placé à la partie haute du bâtiment chauffé, et peut toujours être alimenté par un robinet à flotteur, destiné à remplacer automatiquement la quantité d'eau perdue par le tuyau d'évacuation de buées.

Mais ce robinet à flotteur a souvent un fon-

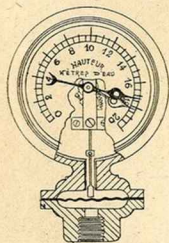


FIG. 549.

ctionnement défectueux, soit que la pression de l'eau d'alimentation vienne à baisser, soit que le clapet du robinet reste collé sur son siège, soit enfin qu'un gravier ou une petite parcelle de calcaire le maintienne ouvert, et qu'il y ait une perte d'eau constante par le trop-plein.

L'indicateur de niveau (fig. 549) renseigne le chauffeur, depuis la chaufferie, sans qu'il ait besoin de monter dans le comble. La pression s'exerce sur une membrane flexible, dont les déformations se transmettent, par un petit levier vertical et deux secteurs dentés, à une aiguille, qui marque sur un cadran la hauteur du niveau, cette hauteur étant représentée par une pression de colonne d'eau. Une aiguille fixe, placée sur la graduation qui correspond au niveau normal, sert de guide constant, et montre les variations de l'aiguille mobile.

Enfin, si on le désire, deux contacts électriques, correspondant à des sonneries de maxima et minima, peuvent prévenir le chauffeur des incidents dangereux d'alimentation.

La figure 550 montre l'installation d'une chaudière à eau chaude de la Compagnie nationale des Radiateurs, avec un régulateur de combustion système Heintz, un thermomètre et un indicateur du niveau de l'eau.

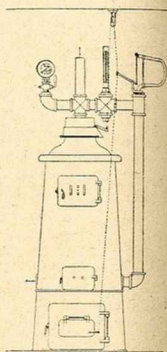


FIG. 550.

SURFACES CHAUFFANTES. — RADIATEURS

Nous avons vu au chapitre IV, *Théorie de la Transmission de la Chaleur* (p. 76), comment on calcule les surfaces chauffantes des systèmes de chauffage par l'eau chaude.

Quant à ces surfaces elles-mêmes, ce sont identiquement celles employées pour les chauffages à vapeur à basse pression, surfaces lisses et à ailettes à radiation directe, ou batteries de chauffage indirect, surfaces en gaines, radiateurs, etc.

Nous ne reviendrons donc pas sur cette description, et nous renvoyons au chapitre XIV.

Nous dirons, toutefois, que, lorsqu'on fait usage de radiateurs, il faut que les éléments soient raccordés en haut et en bas : on dit qu'ils sont à double connexion, par opposition avec les radiateurs à simple connexion, c'est-à-dire communiquant seulement par une tubulure à la partie inférieure, qui sont presque toujours employés pour le chauffage à vapeur.

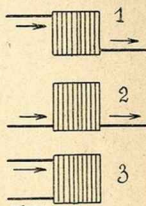


FIG. 551.

Les radiateurs ne formant pas des surfaces continues, comment faudrait-il les raccorder avec les canalisations?

La question est très controversée et a fait l'objet de fort nombreuses expériences, sur lesquelles les constructeurs ne sont pas d'accord.

L'auteur a employé les trois dispositions de la figure 551, et il ne semble pas qu'il y ait de différence appréciable au point de vue du fonctionnement. En ce qui concerne la résistance, c'est la figure 3 qui a le plus faible coefficient.

L'eau chaude, amenée en haut ou en bas, tend toujours à rester à la partie haute du radiateur ; elle descend à la partie basse, au fur et à mesure que sa température s'abaisse, ses calories étant transmises à l'air, et l'écoulement au retour se fait normalement, quelle que soit la position des tuyauteries.

Dans les chauffages de serres, les surfaces de chauffe sont constituées par des tuyauteries en cuivre, en fer ou en tôle ; nous les décrirons au chapitre des *Tuyauteries*.

DES ROBINETS DE RÉGLAGE

Les robinets de réglage sont placés soit sur le tuyau d'alimentation, soit sur le tuyau de retour, à volonté. Ce sont, en effet, de simples obturateurs, qui ferment la circulation aussi bien sur un tuyau que sur l'autre.

Toutefois, quand les tuyauteries sont de gros diamètres, et quand elles sont placées au-dessous des radiateurs, il vaut mieux mettre les robinets sur les tuyauteries d'arrivée d'eau chaude. Il pourrait arriver, en effet, si le tuyau d'alimentation restait ouvert, qu'il s'établisse un double courant dans le même tuyau, l'eau chaude montant dans la surface de chauffe, et l'eau froide redescendant.

Presque tous les robinets employés dans les chauffages par l'eau chaude sont de fabrication étrangère, anglaise, américaine, et surtout allemande. L'industrie française a longtemps semblé ignorer ces robinets, et les Allemands ont pu inonder la France de leurs robinets, vendus très bon marché, mais, à dire vrai, valant encore moins que leur prix de vente (1).

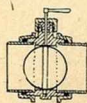


FIG. 552.

Il existe moins de variétés de robinets spéciaux à chaque constructeur que dans le chauffage par la vapeur à basse pression, et c'est presque toujours le commerce qui fournit ces robinets.

Pour les chauffages de serres, on emploie surtout les papillons (*fig. 552*), le but étant plutôt de créer une résistance à la circulation, pour modérer le chauffage, que d'arrêter complètement cette circulation.

Il faut remarquer, du reste, qu'en chauffage à eau chaude on n'exige pas une étanchéité absolue, sauf au presse-étoupe par lequel la tige de manœuvre traverse le corps du robinet. En effet, quand le papillon ou le boisseau est fermé, la fermeture, ne fût-elle pas absolue, est encore très suffisante, puisque la résistance produite arrête pratiquement la circulation d'eau chaude.

Peet-Valve. — Pour les gros appareils, et surtout pour les batteries de chauffage indirect, on emploie le robinet Peet-Valve (*fig. 553*), à passage direct, qui se compose simplement d'un petit registre, qu'une tige filetée, manœuvrée par un volant, fait monter ou descendre dans des rainures latérales, pour le placer devant les tubulures d'entrée et de sortie.

Ce robinet est très bon ; malheureusement il ne plaît pas pour les radiateurs, parce que sa manœuvre complète nécessite un trop grand nombre de tours du volant de manœuvre, et aussi parce que, sauf pour l'ouverture ou la fermeture, on ne connaît pas la position exacte de l'obturateur devant les tubulures. Il ne permet donc pas facilement un réglage.

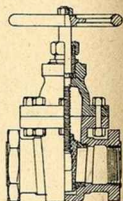


FIG. 553.

(1) Remarque d'avant-guerre.

Robinet à boisseau. — On emploie plus souvent un robinet américain à quart de tour (*fig. 554*), dans lequel le boisseau est creux, et muni d'une ouverture correspondant à la tubulure d'arrivée ou de sortie d'eau chaude. Ce boisseau est cylindrique, repose sur le bronze du robinet en dessous, pour être maintenu dans sa position normale. Pour éviter le coincement, on construit généralement le boisseau en laiton, et on le fend suivant une génératrice, pour former ressort, assurant une étanchéité relative.

Robinet réglable par l'ouverture. (*fig. 555*). — Ce robinet, construit en Allemagne, a une clef conique en bronze, la grande base, placée en bas, recevant l'effort d'un ressort qui pousse la clef vers le haut, ce qui assure l'étanchéité, tout en laissant une élasticité suffisante pour empêcher le coincement.

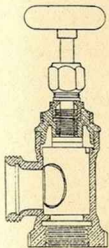


FIG. 554.

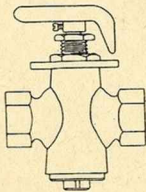
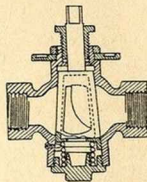


FIG. 555.



La manœuvre est à quart de tour, et le volant possède un index, qui se déplace sur un cadran, pour indiquer la position d'ouverture.

L'ouverture, ou lumière de passage, réservée dans le boisseau, a une forme spéciale, pour que l'orifice libre soit en rapport exact avec la position de l'index sur le cadran.

Robinets allemands. — Le robinet le plus courant, représenté par la figure 556, était fourni en France avant la guerre par une dizaine de maisons allemandes. C'est un robinet à boisseau, analogue à celui de la figure 554, mais la position du boisseau peut être modifiée dans le sens vertical, en tournant la tige de manœuvre, munie d'un pas de vis, dans le corps du robinet, de manière à le faire monter ou descendre. Dans ces conditions, l'ouverture de passage se réduit à volonté dans le sens vertical, ce qui permet de régler la circulation d'eau chaude, si le diamètre des tuyaux d'alimentation est trop grand.

Ces robinets, qui permettent un réglage de l'installation, c'est-à-dire une correction de la circulation, sont très commodes, parce qu'ils évitent

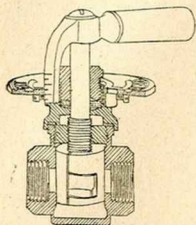


FIG. 556.

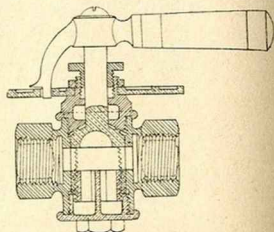


FIG. 557.

dans une certaine mesure, les calculs précis, assez délicats, des diamètres des tuyauteries.

Une autre disposition de robinet allemand est représentée par la figure 557. Cette disposition permet un réglage différent, par la manœuvre d'un obturateur, qui se visse à l'intérieur du boisseau, et vient fermer plus ou moins l'ouverture de passage.

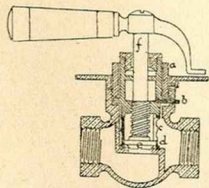


FIG. 558.

Ce robinet est également à $1/4$ de tour, et muni d'un cadran, avec index indicateur de l'ouverture.

L'étanchéité du boisseau est obtenue comme dans le robinet à vapeur Barré et Juranville.

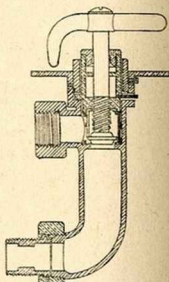


FIG. 559.

Enfin, on trouve encore dans le commerce les robinets à clapet et boisseau de réglage, de construction allemande (*fig. 558 et 559*), dans lesquels un clapet ouvre et ferme plus ou moins l'arrivée d'eau, ce degré d'ouverture étant indiqué sur un cadran, et le réglage de l'ouverture maximum se fait par un anneau *c*, placé en face de l'ouverture d'entrée, et mobile au moyen de la tige du clapet, avant la pose du cadran.

Robinet Radior (fig. 560 et 561). —

Le robinet Radior des Établissements Grouvelle et Arquembourg est un robinet à boisseau dont la position de réglage de la lumière du boisseau en face de l'ouverture de sortie est réglée par le constructeur à la mise en route du chauffage au moyen d'un ergot qui se déplace dans une came. Cette came fait

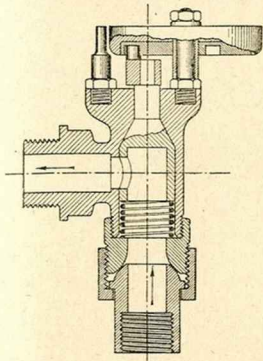


FIG. 560.

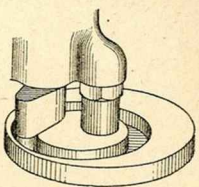


FIG. 561

partie du volant de manœuvre du robinet, qui est gradué, et se déplace devant un index.

L'examen de ces divers robinets montre que nous avons été longtemps tributaires de l'étranger, et principalement de l'Allemagne. Nul doute que, maintenant que le chauffage à eau chaude a pris en France un très grand développement, notre industrie va se ressaisir et reprendre sa place par la qualité de ses robinets, dont les appareils étrangers sont absolument dépourvus.

CHAPITRE XXII

CHAUFFAGE MIXTE PAR L'EAU ET LA VAPEUR

Ce chauffage se rapproche essentiellement du chauffage par l'eau chaude, suivant les méthodes ordinaires. Il est facile de comprendre que, lorsqu'on a décidé de se servir de l'eau comme véhicule transportant la chaleur d'un point central ou d'une chaufferie à une série de locaux à chauffer, le mode d'élevation de la température de l'eau à la chaufferie peut être quelconque, soit un foyer à feu nu, soit un serpentin de vapeur.

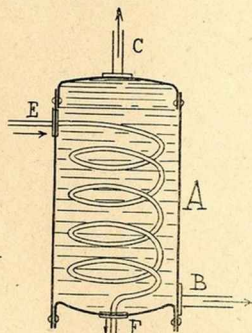


FIG. 562.

On peut donc construire une chaudière à eau chaude composée d'un simple réservoir A, dans lequel l'eau refroidie rentre à la partie basse, en B, l'eau réchauffée sort à la partie haute, en C, pour se rendre au circuit et aux radiateurs de chauffage, et dans lequel est placé un serpentin D, recevant la vapeur par une tubulure E, et évacuant l'eau de condensation par une tubulure F (fig. 562).

Ce mode de chauffage n'a d'intérêt que lorsqu'on dispose d'une usine centrale, dans laquelle on a de la vapeur à produire pour d'autres usages, ou encore pour utiliser la vapeur d'échappement d'un moteur.

Le calcul d'un tel système de chauffage se fait d'après la même méthode que celui d'un chauffage ordinaire par l'eau chaude, à basse ou à moyenne pression ; seul le calcul du serpentin réchauffeur est différent, mais il n'offre aucune difficulté d'évaluation.

Soit M la quantité de calories à fournir au chauffage, T la tempéra-



ture de départ de l'eau chaude, t la température de retour de l'eau refroidie, $\frac{T-t}{2}$ la température moyenne dans la chaudière A.

Soit V le volume d'eau, en litres, capables d'abandonner la quantité M de calories :

$$M = V (T - t).$$

La vitesse V de passage dans la chaudière A, dont on connaît la section, sera facile à déduire, et il suffit de se reporter à notre chapitre des *Transmissions de la chaleur* pour trouver la surface S du serpentín de vapeur, capable de transmettre M calories à l'eau qui passe à son contact, avec une vitesse v , et à une température moyenne $\frac{T-t}{2}$.

Mais cette disposition de chaudière, chauffée par un serpentín de vapeur, ne peut être applicable que dans des cas tout à fait particuliers.

Une disposition beaucoup plus intéressante consiste à utiliser la propriété de la vapeur d'être facile à transporter à de grandes distances avec des tuyaux très petits, en même temps que la propriété de l'eau chaude de se refroidir lentement, c'est-à-dire de constituer un volant de chaleur transmettant pendant longtemps une température très douce.

Le vrai chauffage mixte par la vapeur et l'eau se compose donc de poêles ou radiateurs, ou repos de chaleur, contenant de l'eau, et d'une circulation de vapeur apportant à cette eau, d'une manière continue, les calories qu'elle perd, par transmission à l'air des locaux chauffés, par des poêles ou radiateurs à vapeur.

Dès 1850, M. Grouvelle père chauffait par ce système les immenses locaux de la prison de Mazas. Son installation comprenait des générateurs à vapeur, une canalisation de distribution de vapeur et de retour d'eau condensée, et des poêles ou repos de chaleur, contenant de l'eau chauffée par un serpentín de vapeur, raccordé à la canalisation ci-dessus.

Ce poêle (*fig. 563*) était une simple bouteille en tôle A, de dimensions correspondantes au volume à chauffer. La vapeur arrivait par dessous, en B, et l'eau de condensation était évacuée en C, chacune des tubulures étant munie d'un robinet de réglage. Le serpentín intérieur était en cuivre.

Comme il fallait prévoir la dilatation de l'eau, M. Grouvelle ajoutait, sur chaque repos de chaleur, une grosse circulation en cuivre ou en fonte EFGH, passant en caniveau sous des grilles ajourées, et complétant le chauffage. Sur cette tuyauterie était placé en dérivation un réservoir d'expansion I, qu'un robinet K permettait de fermer quand on voulait augmenter la température de l'eau au-dessus de 100°, en fonctionnant à moyenne et même à haute pression.

Le système pouvait fonctionner jusqu'à 5 kilogrammes.
 Plus tard, MM. Thomas Laurens installèrent le chauffage de l'hôpital Lariboisière par le même système, mais les poêles n'avaient pas de circulation. Ils étaient placés directement dans les salles, et, pour permettre

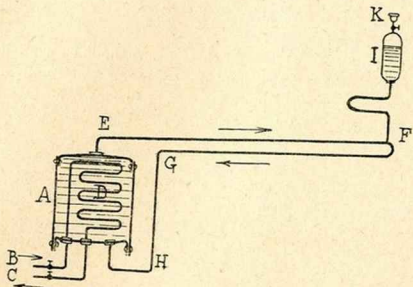


FIG. 563.

l'expansion de l'eau, on ne les emplissait pas tout à fait. La partie supérieure, remplie d'air, ne contribuait donc pas au chauffage, et servait simplement pour la dilatation.

Ce procédé fut pendant longtemps le type des chauffages d'hôpitaux, et l'installation de Thomas Laurens à Lariboisière, modifiée, transformée, ne fut définitivement remplacée par le chauffage par la vapeur à basse pression qu'il y a quelques années, après avoir fonctionné plus de quarante ans. Les appareils Thomas Laurens étaient encombrants, incommodés, mais donnaient de très bons résultats, au point de vue de la régularité de la température et de l'économie de fonctionnement. On dit même que la nouvelle installation de Lariboisière ne donne pas des résultats aussi satisfaisants, bien que déjà modifiée plusieurs fois.

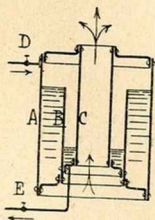


FIG. 564.

MM. Geneste et Herscher avaient perfectionné le système Thomas Laurens d'une manière heureuse, et leur système, représenté sur la figure 564, eut beaucoup de succès.

Leur poêle mixte se composait d'un cylindre extérieur A, cloisonné intérieurement par un cylindre B, qui était ouvert à la partie haute, et était lui-même traversé par un cylindre C, servant à la circulation de

l'air. L'espace annulaire entre les cylindres A et B était rempli d'eau et chauffait extérieurement par radiation directe. La vapeur arrivait à la partie haute, par le robinet D, et remplissait le haut du cylindre A et tout le corps du cylindre B ; l'eau de condensation était recueillie à la partie basse, et évacuée par la tubulure et le robinet E.

On voit que l'eau était réchauffée intérieurement par la face du cylindre B, et que, lorsqu'elle se dilatait, le trop-plein s'écoulait, par le cylindre B, avec l'eau de condensation. On voit encore que l'air montant dans l'intérieur du cylindre C était chauffé par transmission de la vapeur au travers de la virole du cylindre C, ce qui augmentait considérablement la puissance de chauffage de ce poêle mixte.

La mise en route était très facile et se faisait sans qu'on ait besoin de s'occuper de remplir les poêles avec de l'eau.

Le poêle étant vide, on envoyait de la vapeur par le robinet D ; cette vapeur remplissait tout le poêle, et l'eau de condensation restait dans l'intervalle compris entre les deux cylindres, jusqu'à ce que le régime normal ait été établi, et que l'eau ait commencé à déborder par dessus la virole du cylindre B.

Plus tard, MM. Geneste et Herscher, Grouvelle et Arquembourg, etc., imaginèrent des poêles en fonte, à ailettes, basés sur le même principe, et qui n'avaient pour but que d'augmenter la surface de chauffe, et de la condenser sous un plus faible volume d'encombrement. Ces appareils n'étaient certes pas supérieurs, et leur grand nombre de joints nécessitait des réparations fréquentes.

C'est par ce système, et par des appareils basés sur le même principe, que M. Ser, pendant qu'il était ingénieur de l'Assistance Publique, fit exécuter le chauffage des très grands hôpitaux construits sous sa direction, l'hospice des Incurables à Ivry, l'Hôtel-Dieu, l'hôpital Tenon, etc.

MM. Sulzer frères ont un dispositif de poêle analogue, qu'ils emploient encore actuellement, soit pour le chauffage par radiation directe, soit par radiation indirecte en sous-sol. On sait que ces constructeurs sont Suisses, et que, dans leur pays, où la température est souvent très rigoureuse pendant la plus grande partie de l'hiver, on tend à préférer le chauffage par l'eau chaude, qui donne une constance de température plus certaine que la vapeur à basse pression, en raison du grand volume d'eau contenu dans les appareils, et qui continue à chauffer longtemps après que la chaudière a cessé de fonctionner. On s'explique, dans ces conditions, le succès, dans ce pays, des chaudières en fonte à grand foyer, qui ne sont pas, à proprement parler, des chaudières à fonctionnement continu, et dont l'irrégularité de marche, si défectueuse quand on chauffe par la vapeur à basse pression, est compensée quand on dispose d'un grand volume d'eau, parce que la régularité de chauffage de l'eau balance les alterna-

de chauffage intensif et de chutes de pression, qui sont la caractéristique de ces chaudières.

Sous nos climats, où la température de l'hiver est essentiellement supérieure et variable, où il fait quelquefois très froid la nuit et le matin, et presque chaud l'après-midi, la régularité de marche de ces chauffages à eau chaude à très grand volume est presque un défaut ; aussi le chauffage mixte par l'eau et la vapeur a presque complètement disparu en France.

On peut cependant citer une variante de ce système, décrite il y a quelques années par un ingénieur de MM. Grouvelle et Arquembourg, dans un journal d'Architecture, et qui présente un certain intérêt pour chauffer certains locaux qui ont besoin d'une température rigoureusement cons-

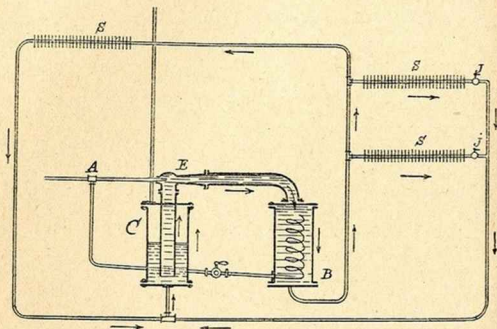


FIG. 565.

tante, comme des salles de couveuses, des étuves de poudrerie ou de produits chimiques, etc., dans lesquelles une différence de quelques degrés peut produire un résultat néfaste.

La figure 565 représente schématiquement cette disposition. Un éjecteur E, alimenté par une tuyauterie de vapeur A, refoule l'eau dans un cylindre réchauffeur B, dans lequel est placé un serpentin de vapeur. L'eau chaude, refoulée de ce réservoir à la partie basse, est distribuée, par des canalisations, dans les surfaces de chauffe S, S. Le réglage du débit se fait par les robinets J. L'eau refroidie revient par un second réseau de tuyauteries dans une bûche C, dans laquelle l'éjecteur l'aspire pour la refouler à nouveau.

Le réglage de la température de l'eau au départ se fait au moyen du

robinet placé en avant du serpentin. On remarquera, du reste, que ce système ne peut fonctionner que si l'eau revient à la bêche C à une température assez basse, les éjecteurs étant très difficiles à amorcer, et ne pouvant plus aspirer quand la température de l'eau dépasse 50 à 60°. Du reste, ce système, compliqué et coûteux, ne convient que pour des installations très peu importantes.

Chauffage Nessi frères (fig. 566)¹. — Le circuit du chauffage, qui peut desservir un ou plusieurs bâtiments, est représenté par le tuyau d'eau chaude *j/l*, et le collecteur de retour *x*, entre lesquels sont branchés

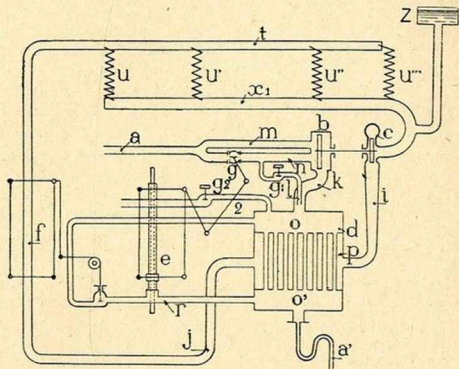


FIG. 566.

les réseaux *u*, *u'*, *u''*, *u'''*, d'alimentation des radiateurs. L'eau est chauffée par la vapeur dans un réchauffeur *o*, *o'*, *a'* représentant le retour d'eau condensée à la chaudière, et *Z* le réservoir d'expansion du chauffage.

La vapeur, *sous pression constante*, arrive par un tuyau *a*, à une turbine à vapeur *b*, qui commande une pompe centrifuge *c*, destinée à faire circuler l'eau chaude dans le circuit du chauffage. Une admission *m* de vapeur à la turbine est permanente, et correspond à la puissance de chauffage minimum ; une autre admission *n* est commandée par la vanne *g*, elle-même actionnée automatiquement par un régulateur *e* pour la température demandée au départ de l'eau. De la turbine *b*, la vapeur passe par

1. Journal *Chauffage et Industries Sanitaires*. N° 66. Janvier 1914.

le tuyau K au réchauffeur. Dans ce tuyau K débouche un tuyau l , raccordé au tube m , de manière à amener au réchauffeur une quantité supplémentaire de vapeur qui ne passe pas par la turbine, et qui est réglée par la vanne g , et par une soupape automatique g' , chargée d'un contrepoids, et qui ne s'ouvre qu'à partir d'une pression déterminée, inférieure à la pression normale de la chaudière.

L'air contenu dans le réchauffeur, et la vapeur en excès s'il y a lieu, s'échappent par le tuyau r , sur lequel est placé le régulateur à dilatation e , qui commande la soupape g . Un tuyau 2 , sur lequel est placée une autre soupape g^2 , relie le réchauffeur directement au dôme de vapeur de la chaudière, la soupape g^2 étant calée pour s'ouvrir à une pression légèrement supérieure à la pression normale de cette chaudière.

Sur le tuyau de départ d'eau chaude au chauffage, j , est placé un autre régulateur automatique f , qui joue le rôle de régulateur automatique.

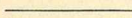
Lorsque la pression au-dessous de la soupape g' tombe au-dessous de la pression de levée, cette soupape se ferme, et cesse d'alimenter de vapeur, par le tuyau l , le réchauffeur O .

Lorsque la pression de la chaudière dépasse la pression de levée de la soupape g^2 , celle-ci s'ouvre, et envoie l'excès de vapeur au réchauffeur p , par le tuyau 2 .

Le résultat obtenu est de favoriser le mouvement de la turbine, en reportant sur elle une plus grande quantité de vapeur, et même la totalité si la pression de la chaudière s'abaisse au-dessous d'un certain minimum, ou si la pression de réglage déterminée par la soupape g tombe au-dessous du même chiffre.

D'autre part, si la pression à la chaudière vient à dépasser momentanément la normale, la soupape g^2 envoie la vapeur en excès directement dans le réchauffeur, où elle peut se condenser.

Ce système a donc pour but de faire circuler mécaniquement, dans un circuit important de chauffage, l'eau chauffée à une température déterminée, avec réglage automatique de cette température.



CHAPITRE XXIII

DES CANALISATIONS EMPLOYÉES DANS LES CHAUFFAGES PAR LA VAPEUR ET PAR L'EAU CHAUDE

Les canalisations qui sont employées dans les installations de chauffage par l'eau chaude et la vapeur sont :

- 1° Les tuyauteries en fer, en acier, en fonte ou en cuivre, pour le chauffage par la vapeur à basse pression ;
- 2° Les tuyauteries en cuivre ou en acier, pour le chauffage par la vapeur à haute pression ;
- 3° Les tuyauteries en cuivre, en fonte ou en fer, pour le chauffage par l'eau chaude à basse pression ;
- 4° Les tuyauteries en fer de types supérieurs très renforcés, pour le chauffage par l'eau chaude à haute pression.

I. — TUYAUTERIES DU CHAUFFAGE PAR LA VAPEUR A BASSE PRESSION

1° **Tuyauteries en fer.** — La fabrication des tubes en fer a pris en France une extension considérable depuis quelques années, et la spécialité du chauffage entre pour une grosse part dans la prospérité de cette industrie. On construit les tubes principalement dans le Nord, dans les Ardennes, et dans le centre de la France.



FIG. 567.



FIG. 568.



FIG. 569.

On distingue, d'une manière générale, deux espèces de tubes, ceux qui sont soudés par rapprochement (*fig. 567*), et ceux soudés par recouvrement (*fig. 568*). Une troisième variété est extrêmement intéressante

pour les installations de chauffage, c'est le tube Moitroux (*fig. 569*) ; espérons que son prix de fabrication n'en limitera pas l'emploi.

Le tube soudé par rapprochement est, en général, d'assez mauvaise qualité ; il peut suffire pour les canalisations de gaz, qui se font le plus souvent en parties droites ; mais, pour les conduites de vapeur et d'eau chaude, qui demandent fréquemment à être cintrées, ce tube ne peut convenir, il se fend, n'a pas assez d'épaisseur en général, et s'ouvre même à l'extrémité, lorsqu'on fait les filetages d'assemblage. Seules les maisons de second ordre emploient ce tuyau dans les installations de chauffage, d'où il devrait être absolument proscrit.

Les tubes soudés par recouvrement sont toujours beaucoup meilleurs ; ils se cintrent à rayons très courts, et conviennent parfaitement pour les chauffages.

Les tubes Moitroux sont très résistants et très faciles à travailler ; ils résistent à une pression de 60 kilogrammes par centimètre carré avec martelage sous pression ; ils donnent toute satisfaction, mais leur fabrication est un peu plus coûteuse. Ils sont plus spécialement à conseiller pour les installations à moyenne pression, et surtout pour les chauffages par l'eau chaude.

En général, les tubes employés dans les chauffages à vapeur à basse pression sont garantis par les forges comme étant essayés en usine à la pression hydraulique de 10 kilogrammes par centimètre carré, et certaines qualités de tubes soudés par rapprochement sont garanties éprouvées à 20 kilogrammes. Il ne faudrait pas trop se fier à ces pressions, dont la garantie est plus illusoire que réelle. En pratique, quand les usines fabriquent un lot de tuyaux, elles en choisissent une certaine quantité, pris au hasard, et les soumettent à l'épreuve hydraulique. Si ces tuyaux résistent, tout le lot est réputé bon, et livré au commerce sans essai général. On comprend que, dans ces conditions, la garantie est sujette à caution.

On désigne les tuyaux par leur diamètre intérieur en pouces anglais ou par l'indication de leurs diamètres intérieur et extérieur en millimètres.

Voici le tableau des dimensions courantes, qui sont les seules qu'on puisse trouver dans le commerce, à moins de les faire fabriquer spécialement.

Diamètres	intérieurs en pouces	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/2	4
	intérieurs en millim.	5	8	12	15	20	26	33	40	50	60	66	72	80	90	102
	extérieurs en millim.	11	13	17	21	27	34	42	49	60	70	76	82	90	102	114

Certains constructeurs de chauffage emploient des tubes à épaisseurs renforcées pour les petits diamètres, les épaisseurs des tubes normaux étant insuffisantes pour les filetages. C'est ainsi que leurs tubes ont 10/17 au lieu de 12/17, 13/21 au lieu de 15/21, et 19/27 au lieu de 20/27.

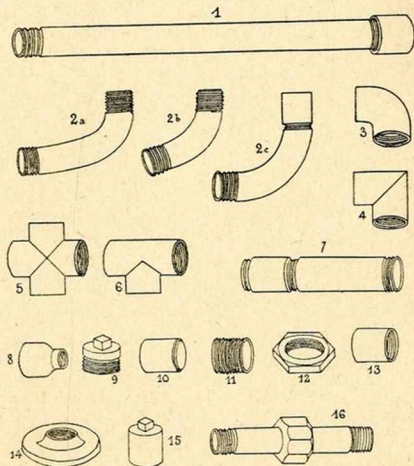


FIG. 570.

Tous les tubes se font en grandes longueurs, et se vendent en longueurs tout-venant, de 5 à 6 mètres, filetées aux extrémités et munies de manchons d'assemblage.

Les assemblages des tubes entre eux se font par manchons, manchons filetés pas à droite sur la moitié de leur longueur, et pas à gauche sur l'autre moitié, coudes, tés, croix, etc.

Il y a une trentaine d'années, quand le chauffage à vapeur n'avait pas le développement qu'il a pris aujourd'hui, les usines françaises construisaient des raccords en fer, comme l'indique la figure 570.

Chacune de ces pièces a un nom différent, savoir :

2a, 2b, 2c sont des grands coudes, ou bouts cintrés ;

4 est un coude d'équerre, et 3 un coude ordinaire arrondi ;

7 sont des bouts filetés, ou longues vis ;

5 est une croix, qui se construit avec des côtés égaux, ou avec des tubulures de sections inégales. On dit alors que c'est une croix réduite ;

6 est un té, qui se fait aussi avec des branches égales ou inégales ;

8 est un manchon réduit, qui se fait avec la tubulure au centre, ou avec tubulure excentrée, de manière à ne pas faire de ressaut dans la circulation ;

9, 10, 15 sont des bouchons d'extrémités, 9 se vissant à l'intérieur d'un raccord, 10 et 15 à l'extrémité d'un tuyau ;

11 est un mamelon, auquel on donne quelquefois le nom anglais de *nipple*, sous lequel on commence à le désigner en France. Ce mamelon se fait avec filetage à droite, ou avec filetage à gauche, ou fileté à droite dans la moitié de la longueur et à gauche dans l'autre moitié ;

12 est un écrou, qui sert à faire le joint d'extrémité d'un raccord ;

13 est un manchon, qui se fait taraudé à droite ou à gauche, ou à droite et à gauche ;

14 est une bride taraudée ;

16 est un raccord d'assemblage en trois pièces.

Avec tous ces raccords, le joint est excessivement difficile à rendre étanche, parce que les filetages cylindriques, ou parties mâles, et les taraudages cylindriques, ou parties femelles, entrent l'un dans l'autre tant

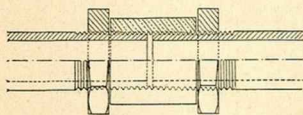


FIG. 571.

qu'il existe des filets, et qu'il est impossible de faire un bon joint sans employer de la filasse, garnie de minium ou de céruse, et enroulée dans les filets, et sans ajouter à chaque extrémité du raccord, parfaitement dressée au tour, un

écrou de serrage, avec une garniture entre la face de l'écrou et la face d'extrémité du raccord (*fig. 571*). Ce système de joint, qui était seul employé il y a trente ans, est d'aspect extrêmement laid et grossier ; il tient évidemment des pressions assez importantes, 5 à 6 kilogrammes, et même plus ; mais les garnitures de filasse, enduites de minium ou de céruse, dépassent toujours la face du manchon, et donnent une apparence malpropre, qu'il est impossible d'éviter.

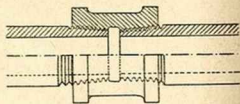


FIG. 572.

Lorsqu'on importa d'Amérique, il y a 35 ans, le chauffage par la vapeur à basse pression, on importa aussi les méthodes de travail, l'outillage et les raccords employés aux États-Unis.

Ces raccords sont en fonte, et les taraudages sont coniques (*fig. 572*).

Le joint s'obtient par simple serrage du tube, que la filière a fileté conique, dans ce raccord, après avoir simplement passé dans les filets du tube, au moyen d'un pinceau, un peu de minium délayé très clair, et sans aucune interposition de filasse.

L'aspect du joint est excessivement propre ; le joint est très étanche, après un serrage énergique, mais le raccord lui-même est un peu grossier. En effet, avec de la fonte ordinaire, il est indispensable d'avoir une certaine épaisseur, pour qu'il n'y ait pas rupture au moment du serrage (fig. 573).

Pendant de longues années, les Américains furent les seuls fournisseurs de ces raccords, en Angleterre, en France, on peut presque dire dans l'Europe entière.

Peu à peu, il se créa des usines importantes, en Angleterre, en Allemagne, en Suisse, mais, chose très curieuse, les fondeurs français, sauf

une exception, ne suivirent pas le mouvement, et, aujourd'hui encore, le marché français est tributaire de l'étranger, qui fabrique ces raccords par centaines de mille chaque année, et nous inonde de ses produits.

Est-ce le bon marché extraordinaire de ces pièces de raccords, malgré les frais de transport et de douane dont elles sont grevées? Est-ce l'outillage moderne automatique, très coûteux, mais nécessitant une main-d'œuvre peu importante, dont l'achat nécessite une mise de fonds relativement considérable? Est-ce, enfin, la variété de modèles différents dont le marché français est envahi, et qui nécessiteraient un remaniement presque général de l'outillage des constructeurs de chauffage?

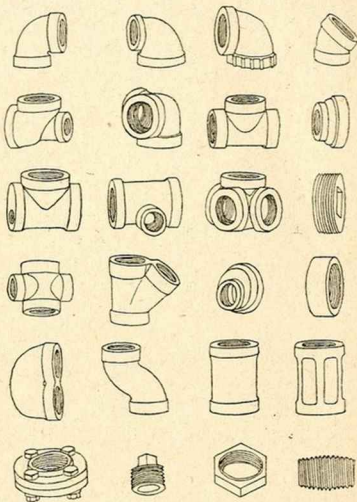


FIG. 573.

Nous ignorons la véritable raison, mais nous constatons qu'il s'importe, chaque année, pour plusieurs millions de francs de raccords étrangers, sans que la fabrication française essaie même de lutter. Et nous croyons qu'un fondeur bien outillé, produisant beaucoup pour produire bon marché, serait bien avisé en se lançant dans la fabrication de ces raccords.

Peu à peu on trouva des inconvénients à ce système de taraudages et de filetages coniques. Le principal défaut consiste dans le principe même du cône. Pour que deux pièces coniques, se vissant l'une dans l'autre, fassent un joint bien étanche, il faut que les deux cônes, celui de la pièce de raccord et celui du tuyau, aient rigoureusement la même inclinaison sur l'axe et le même diamètre d'origine. Or, s'il est possible, avec des machines bien calibrées, de tarauder les pièces de raccord suivant le même gabarit, comme le filetage du tuyau est fait avec des filières qui s'usent peu à peu, il est extrêmement difficile d'avoir le même gabarit pour le tuyau. Si la filière est trop petite, le cône s'enfonce sans serrer, et sans faire joint, jusqu'à l'extrémité du filetage ; si la filière est un peu usée, le diamètre d'origine sur le filetage du tuyau est trop grand, et, en vissant, on ne fait pas pénétrer dans le raccord un nombre assez grand de filets (au moins 4 ou 5), pour faire un bon joint.

On comprend, du reste, que le filetage d'un tuyau ne peut se faire

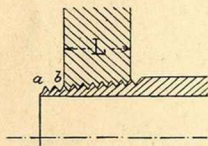


FIG. 574.

conique qu'à la condition de ne se faire que sur l'épaisseur de la filière, et que, si l'on prolonge le travail plus loin que la largeur L (fig. 574) de cette filière, on ne produira aucun résultat final, puisque le filet supplémentaire ab , produit par les dernières passes de cette filière, donnerait un bout fileté cylindrique, à la suite de la partie fileté conique.

Ce système nécessite donc de l'outillage toujours à l'état de neuf, soit chez le fabricant de raccords, soit chez celui qui fait les installations de chauffage.

Aussi, aujourd'hui, les Anglais, les Suisses, et principalement les Allemands, qui sont les grands pourvoyeurs du marché français, fournissent-ils des raccords taraudés presque cylindriques. Les filetages sont toutefois encore légèrement coniques, et le joint se fait par serrage d'un filetage un peu conique dans un taraudage cylindrique, avec interposition de minium dilué, ou d'un liquide anti-fuites, composé d'une matière plastique, délayée dans un liquide volatil, qui s'épaissit, et bouche les interstices en séchant (fig. 575).

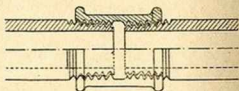


FIG. 575.

Cette méthode a permis d'employer des pièces de raccords en fonte malléable, qui sont beaucoup moins grossières que celles en fonte ordinaire, parce qu'on peut les mouler moins épaisses (fig. 576).

Ces raccords ne peuvent être taraudés coniques ; précisément parce que leur métal est malléable, ils s'élargiraient et s'ouvriraient sans serrer, si on forçait deux parties coniques l'une dans l'autre. Le joint étanche d'un

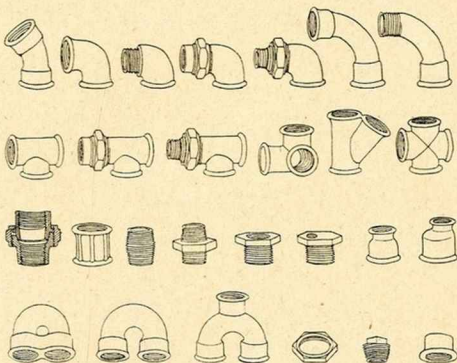


FIG. 576.

tube dans une pièce en fonte malléable s'obtient avec un serrage très léger, par opposition avec le serrage à bloc qui est nécessaire avec les raccords en fonte ordinaire. Aussi est-il très difficile d'habituer les ouvriers qui se sont servis pendant longtemps de raccords en fonte ordinaire à se servir de la fonte malléable, parce qu'ils ont toujours tendance à serrer trop fort, et qu'ils cassent un grand nombre de pièces.

Les raccords en fonte malléable employés dans les canalisations de chauffage sont, du reste, renforcés à leurs extrémités par un bourrelet en demi-rond.

On voit, d'après les figures 573 et 576, la grande variété de pièces qui sont employées dans les installations de chauffage.

A l'origine, en suivant la méthode américaine, on ne faisait aucun cintrage de tuyau, et on se servait uniquement de coudes. Peu à peu on comprit que plus il y a de raccords vissés, plus on a de chances de fuites. Aussi revient-on peu à peu à l'ancienne méthode de cintrer les tuyaux de petits diamètres, de 5/11 à 33/42. Le travail est beaucoup

plus propre, l'aspect plus agréable à l'œil, et, si on a des tuyaux de bonne qualité et une petite machine, l'ouvrier va plus vite à cintrer les tuyaux qu'à les couper, les fileter, et les visser dans les raccords. Économie de temps et d'argent, ce mode de travail sera de plus en plus employé.

Les coudes et les tés sont tous, en général, taraudés avec pas à droite. Cette disposition rendrait très difficiles les démontages, pour réparations de fuites ou additions de branchements nouveaux, si on ne prenait soin de disposer, de distance en distance, des raccords permettant le démontage. Ces raccords sont, suivant les cas, des manchons dits *droite et gauche*, et des raccords en trois pièces nommés *unions*. Nous ne parlons pas des raccordements cylindriques dits à longue vis, à pas à droite, dont l'étanchéité est assurée par l'addition d'un écrou, le plus souvent non dressé, et d'un joint de filasse et minium, dont l'emploi devrait être absolument proscrit en chauffage. Disgracieux d'aspect, défectueux au point de vue étanchéité, ce système de montage à longue vis n'a d'autre avantage que de faciliter les démontages.

Les manchons droite et gauche, comme leur nom l'indique, sont des pièces taraudées intérieurement avec pas à droite à une extrémité, et pas à gauche à l'autre extrémité. On comprend facilement qu'en tournant dans un sens on visse les deux tuyaux dans le manchon en les rapprochant l'un de l'autre, et qu'en tournant en sens contraire on les dévisse en les éloignant. On distingue, à première vue, les manchons taraudés à droite, parce que leur surface extérieure est lisse, et ceux taraudés droite et gauche, parce qu'ils possèdent des nervures extérieures disposées dans le sens des génératrices.

Ces manchons sont principalement employés sur les tuyauteries de gros diamètres.

Avec les tuyauteries de petits diamètres, on emploie de préférence les raccords en trois pièces, qu'on appelle unions. Dans les installations bien établies, les radiateurs sont raccordés à leurs branchements par des raccords-unions, qui en permettent les démontages et remontages faciles, sans modifier la position des tuyaux. Les robinets placés à l'entrée sont munis de ce raccord. Du côté de sortie d'eau condensée, on met un coude à raccord.

Il existe de nombreux modèles de raccords-unions. Tantôt (*fig. 577*) c'est une bague en cuivre ductile, qui, maintenue dans la rainure réservée dans l'une des pièces, est écrasée par l'autre partie, dressée au tour, quand on serre l'écrou de rappel.

Tantôt (*fig. 578*) c'est une bague élastique ou semi-élastique, en composition Jenkins ou analogue, qui reçoit ce serrage.

Parfois (*fig. 579*) c'est le serrage de deux parties sphériques, l'une en

relief, l'autre en creux, généralement en cuivre, comme dans le raccord Dart, qui viennent s'emboîter l'une dans l'autre.

A notre avis, la meilleure disposition consiste à avoir deux parties

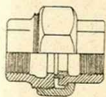


FIG. 577.

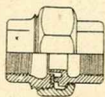


FIG. 578.

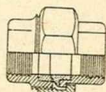


FIG. 579.

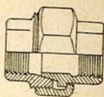


FIG. 580.

coniques, soigneusement rodées, l'une mâle, l'autre femelle, qui s'emboîtent et forment serrage l'une dans l'autre (fig. 580).

2° Tuyauteries en acier. — Lorsque les diamètres des tuyaux deviennent trop importants pour que les filetages puissent se faire facilement, et pour que les raccords en fer ou en fonte puissent être employés d'une manière pratique, c'est-à-dire au-dessus du diamètre intérieur de 4 pouces ou 100 millimètres, on emploie de préférence des tubes soudés par recouvrement, en fer ou en acier doux Martin-Siemens, ou des tubes en acier sans soudure, sur lesquels on ajoute des brides¹.

Les tubes en fer se vendent généralement au mètre ; les tubes en acier sont plus souvent vendus au poids. On désigne ces tubes par le diamètre extérieur et l'épaisseur en millimètres.

Les épaisseurs ordinaires sont :

2 millimètres pour les diamètres extérieurs de 25, 30, 35, 40, 45 millimètres ;

2mm,5 pour ceux de 50 et 55 millimètres ;

3 millimètres pour ceux de 60, 65, 70, 75 millimètres ;

3mm,5 pour ceux de 80, 85, 90, 95, 100, 110, 115 millimètres ;

4 millimètres pour ceux de 120, 125, 130, 135 millimètres ;

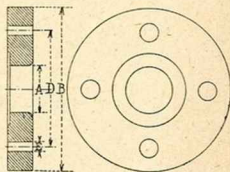


FIG. 581.

1. En ce moment de pénurie extrême de tuyauterie d'acier, on n'hésite pas à fabriquer des tuyaux en tôle roulée à soudure autogène. Les progrès considérables que les industries de guerre ont permis à la soudure autogène de réaliser généraliseront de plus en plus les applications de ce procédé.

L'avenir dira si on ne rencontre pas les phénomènes d'usure intérieure des tuyaux, soit par frottements, soit par attaque du métal par l'eau distillée, auxquels se sont heurtés les Américains, et qui leur ont donné tant de déboires dans leurs installations de stations centrales de chauffage.

4^{mm},5 pour ceux de 140, 145, 150, 155, 160, 165, 170, 175, 180 millimètres ;

5 millimètres pour ceux de 185, 190, 195, 200 millimètres ;

6 millimètres pour ceux de 210, 220, 230, 240, 250, 260, 270, 280, 290, 300 millimètres ;

7 millimètres pour ceux de 325 millimètres ;

8 millimètres pour ceux de 350 millimètres.

Toutes les autres dimensions ou épaisseurs se font sur commande spéciale, avec plus-value de prix, ainsi que les longueurs supérieures à 5^m,50, seules courantes.

Les brides sont vendues soit brutes, soit tournées sur la face du joint, et alésées et tournées sur champ, avec trous de boulons percés. Malheureusement, il n'y a pas de types étalons de brides en France, comme il en existe en Angleterre, en Amérique et en Allemagne, et il serait vivement désirable qu'une entente intervienne chez nous, comme dans les pays ci-dessus, entre les fabricants de brides, pour que toutes les brides soient interchangeables, quels qu'en soient les constructeurs. Cela faciliterait beaucoup pour les rechanges et les réparations.

Voici les dimensions principales adoptées par quelques constructeurs, et relevées dans le *Catalogue Nozal* (fig. 581).



ULTIMHEAT®

DIAMÈTRES EXTÉRIEURS des tubes en millimètres	DIAMÈTRES EXTÉRIEURS des brides en millim.	ÉPAISSEUR DES BRIDES en millimètres	DIAMÈTRE de la CIRCONFÉRENCE correspondant à l'axe des boulons en millimètres	DIAMÈTRES DES TROUS de boulons en millimètres	NOMBRE DES TROUS de boulons	POIDS APPROXIMATIFS d'une bride
A	B	C	D	E		
10	65	9	40	12	3	0,200
15	70	9	44	12	3	0,215
20	85	10	48	13	3	0,330
25	90	10	62	13	3	0,500
30-35	110	11	77	15	3	0,850
40-45	130	12	96	16	3	1,350
50-55	150	13	112	16	4	1,500
60-65	160	13	120	18	4	1,800
70-75	180	14	138	19	4	2,500
80-85	200	15	154	20	4	2,900
90-95	210	15	168	20	4	3,150
100	215	16	172	20	5	3,350
105-110	225	16	180	20	5	3,650
115-120	240	16	190	20	5	4,150
125-130	245	17	200	20	6	4,350
135-140	255	17	210	20	6	4,900
145-150	270	17	220	20	6	5,150
155-160	290	18	240	20	6	6,650
165-170	300	18	248	21	6	6,950
175-180	310	19	258	21	7	7,650
185-190	320	19	268	21	7	7,950
195-200	330	20	278	21	7	8,700
210	340	20	288	21	7	8,900
220	355	21	303	21	8	10,000
230	365	21	313	21	8	10,400
240	375	22	323	22	8	11,200
250	385	22	333	22	8	11,600
260	410	23	352	24	8	14,200
270	420	23	362	24	8	14,600
280	430	24	372	24	8	15,700
290	440	24	382	24	8	16,100
300	450	25	392	24	8	17,300

Pour les canalisations de chauffage par la vapeur à basse pression, on se contente le plus souvent de prendre des brides présentant un léger évidement chambré au tour, et on brase le tuyau sur ces brides, avec de la brasure de cuivre et un chalumeau à gaz, ou avec une grosse lampe à braser, si le travail se fait sur le chantier (*fig. 512*), ou encore à la soudure autogène, avec les postes de soudure autogène transportables, de plus en plus nombreux maintenant.

Quand on veut avoir un joint plus parfait, on peut employer des brides s'emboîtant l'une dans l'autre, comme l'indique la figure 583. Ces brides sont brasées ou soudées comme les précédentes.

Certains constructeurs préfèrent laisser les brides libres, et forger des

collets à l'extrémité des tubes (*fig. 584*). Ces collets, qui ne peuvent se faire qu'avec des tubes d'excellente qualité, et surtout avec les tubes en acier sans soudure, doivent être soigneusement dressés, et nécessitent souvent le dressage au tour.

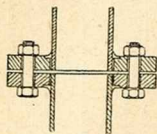


FIG. 582.

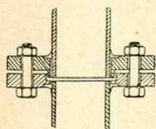


FIG. 583.

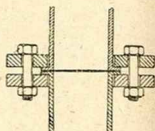


FIG. 584.

Pour les pressions élevées, on fait des collets plus épais, et on les tourne, de manière à former emboîtement de l'un dans l'autre (*fig. 585*).

Enfin, nous pouvons citer encore les joints à brides en cornières, rivées sur les tuyaux de très gros diamètres, qui sont plus économiques que les joints à brides, toujours coûteux, à cause de leur poids, et de la difficulté de la brasure sur un aussi long développement (*fig. 586*).

.En Angleterre et en Allemagne, on ne brase presque jamais les tuyaute-

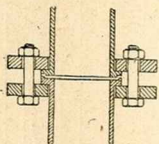


FIG. 585.

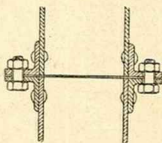


FIG. 586.

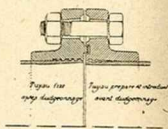


FIG. 587.

ries de chauffage ; on emploie des brides spéciales, dans lesquelles on a chambré des rainures, on prépare des collets sur les tubes avec un outil spécial à mâchoires, et on mandrine les tuyaux dans ces brides avec un dudgeon, qui refoule les collets dans les rainures (*fig. 587*). Un tel joint se fait rapidement et économiquement, et, quand il est bien fait, peut résister aux plus hautes pressions.

Maintenant que la soudure au chalumeau oxyhydrique ou acétylénique est entrée complètement dans le domaine de la pratique, quelques constructeurs emploient ce procédé, qui donne de grandes facilités d'exécution sur place (*fig. 588*).

On peut transporter sur le chantier un *poste de soudure*, qui se compose d'une bouteille d'oxygène sous pression et d'une bouteille d'hydrogène

sous pression, ou d'une bouteille d'acétylène dissous sous pression dans l'acétone. Chacune de ces bouteilles porte un détendeur spécial, terminé par un tube flexible, qui aboutit à un chalumeau commun.

Il devient même économique et extrêmement rapide de souder les tuyaux bout à bout, sans l'intermédiaire d'aucun joint (fig. 589).

Cette soudure est très facile à faire avec des tubes d'acier, dont on termine

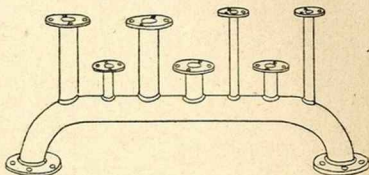


FIG. 588.

les extrémités en biseau, et une baguette d'acier soudable, qu'on présente au dard du chalumeau, pour faire couler le métal en fusion dans la rainure ainsi réservée, et chauffée à la température de fusion.



FIG. 589.

On peut envisager pour l'avenir des installations de chauffage faites par des tuyauteries ainsi soudées, ce qui supprimera complètement les joints sur toute leur étendue, et donnera beaucoup plus de sécurité au point de vue des fuites, sous la réserve, bien entendu, de prévoir la dilatation pour éviter les ruptures.

Les joints de brides se font généralement avec interposition d'une garniture entre les deux brides, serrées ensuite par des boulons.

On se contentait autrefois de faire une garniture en ficelle ou en filasse, perdue dans un mastic de minium pétri à la main. Ces garnitures sont très bonnes, et tiennent longtemps, même aux plus hautes pressions. Elles ont l'inconvénient de ne plus pouvoir être réemployées après un démontage, ce qui devient relativement onéreux.

On emploie aujourd'hui des rondelles découpées dans des feuilles de plomb de 3 ou 5 millimètres d'épaisseur, ou des rondelles d'amiante découpées dans des feuilles de même épaisseur, garnies de plombagine ou de poudre de graphite, ou d'une graisse spéciale, par exemple de graisse Belleville.

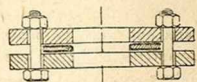


FIG. 590.

Mais il existe dans le commerce, sous le nom de *joints métalloplastiques*, des joints parfaits, très économiques parce qu'ils sont livrés tout

faits, qu'ils ne s'abiment pas à l'usage, et peuvent être réemployés presque indéfiniment. Ils se composent d'une rondelle en amiante ou en plomb, placée entre deux lames en cuivre rouge extrêmement minces, écroui, qui la protègent et l'empêchent d'être détruite. Ce sont certainement les meilleurs joints, et ils sont employés maintenant avec le plus grand succès (*fig. 590*).

3° Tuyaux en fonte. — Dans les chauffages par la vapeur à basse pression, on emploie peu les tuyaux en fonte, parce qu'ils sont lourds, encombrants, coûteux, et qu'ils nécessitent un trop grand nombre de joints, en raison des faibles longueurs suivant lesquelles ils peuvent être coulés (*fig. 591*).

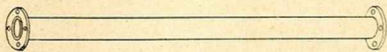


FIG. 591.

On trouve cependant, dans les fonderies, des tuyaux à brides jusqu'à 3 mètres de long, coulés verticalement, éprouvés à 15 atmosphères, et qui peuvent rendre certains services. Les tuyaux en acier à brides brasées nécessitent en effet un outillage spécial, qui est souvent encombrant et onéreux à transporter ; ils obligent surtout à l'emploi d'un personnel expérimenté, qui devient maintenant assez rare, les chaudronniers de carrière tendant de plus en plus à disparaître, et étant remplacés, dans presque toutes les maisons, par des *monteurs en chauffage*, qui sont des ouvriers de profession quelconque, spécialement dressés pour les montages de tuyauteries en fer.

4° Tuyaux en cuivre. — Les tuyauteries en cuivre ne sont, pour ainsi dire, jamais employées pour les gros diamètres, dans les installations de chauffage à basse pression, parce que le cuivre est devenu excessivement coûteux depuis quelques années, et aussi, comme nous venons de le dire, parce que les chaudronniers habiles sont peu nombreux. Le travail des tuyauteries en cuivre nécessite en effet des brasures de raccords, des cintrages, etc., travail qui ne peut être fait que par des ouvriers exercés.

Toutefois, dans les installations luxueuses, il peut être intéressant d'employer des tuyaux en cuivre pour les canalisations de petits diamètres passant dans les appartements. Certains constructeurs emploient des conduites en cuivre de 8, 10, 12 et 15 millimètres, faciles à poser en grandes longueurs, se cintrant sans outillage spécial, et qu'on peut assembler sans brasures, au moyen de joints spéciaux. Ces tuyaux, qui

ont 3/4 à 1 millimètre d'épaisseur, se dissimulent aisément, et, comme leurs surfaces, plus lisses, présentent moins de résistances à l'écoulement de la vapeur et de l'eau que les tuyaux en fer, toujours rugueux, ils permettent de diminuer encore les diamètres. Ainsi, un tuyau en cuivre de 10 à 12 millimètres peut remplacer un tuyau en fer de 15 millimètres, et, si on remarque que le diamètre extérieur du premier ne dépasse pas 12 à 14 millimètres, tandis que celui du second a 21 millimètres, on voit qu'on gagne beaucoup en encombrement visible.

Il existe une grande quantité de modèles de raccords, que les constructeurs spéciaux fabriquent eux-mêmes, pour l'usage de leurs installations.

Le premier en date est originaire d'Amérique, et fut employé dans ce pays pour les canalisations en plomb. MM. Leroy et C^{ie} l'essayèrent dès 1896, puis y renoncèrent, pour le remplacer par leur raccord Express.

Repris par d'autres constructeurs, il est maintenant assez couramment employé en France par diverses maisons sous le nom de *joint biconique*.

Il est d'un usage fréquent en Angleterre, même pour les conduites en acier.

Il se compose de quatre parties (*fig. 592*). Deux parties, alésées en forme de cône à une extrémité, et filetées extérieurement pas à droite pour l'un, pas à gauche pour l'autre, sont enfilées sur l'extrémité de chacun des

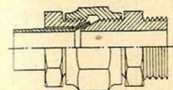


FIG. 593.

tuyaux à raccorder. Avec un alésoir spécial, on ouvre le bout du tuyau suivant le cône de la pièce en bronze, on introduit intérieurement une bague biconique, qui vient former serrage sur le tuyau, pris ainsi intérieurement entre deux parties coniques en bronze, et on serre les deux parties extérieures entre elles, au moyen d'un écrou derappel.

Ce joint est parfaitement étanche, et très facile à faire, sans outillage spécial, et par un ouvrier quelconque. Il a toutefois l'inconvénient d'être en quatre parties, ce qui le rend un peu coûteux.

Pour brancher un tuyau en cuivre sur une tubulure en fer, on emploie le même raccord, mais avec l'une des parties filetées extérieurement pour se visser sur le manchon ou le té du tuyau en fer (*fig. 593*).

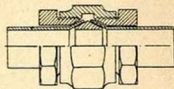


FIG. 592.

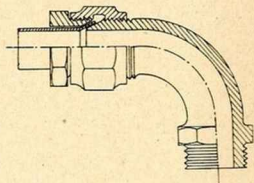


FIG. 594.

Pour raccorder un tuyau en cuivre sur un radiateur, on emploie un raccord mixte semblable, mais allongé et coudé (fig. 594).

Enfin, pour raccorder entre eux deux tuyaux en cuivre, on emploie des tés en bronze, munis à chacune des trois branches d'un raccord bico-

nique (fig. 595) analogue à celui du raccord mixte.

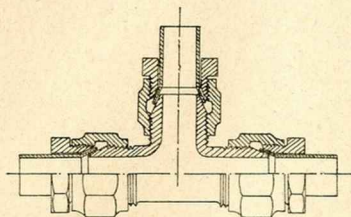


Fig. 595.

Peu après l'apparition en France de ce joint biconique, qui fit l'objet de deux ou trois brevets, bien qu'employé antérieurement en Amérique, MM. Grouvelle et Arquembourg firent breveter un joint plus simple, composé

seulement de deux pièces, et qu'ils appelèrent *raccord velox* (fig. 596).

Ce joint est obtenu par un simple façonnage, avec un outil spécial, des extrémités des tuyaux, qu'on vient ensuite serrer l'une contre l'autre, sans interposition de joint quelconque, en vissant simplement et serrant à bloc les deux parties du raccord.

Le joint Grouvelle et Arquembourg oblige à employer du cuivre très doux et très bien recuit, de manière à pouvoir être refoulé, sans chance de rupture, au gabarit du raccord.

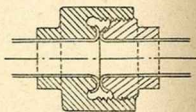


Fig. 596.

Le cuivre électrolytique convient très bien.

Il a été longtemps employé par la Marine française, pour les installations de chauffage à bord des navires de guerre.

Il offre cependant l'inconvénient de se détruire :

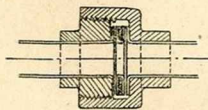


Fig. 597.

si on considère que le cuivre employé n'a que 1 millimètre d'épaisseur, on comprend que son épaisseur est réduite au moins à la moitié après le travail, et que les serrages et desserrages successifs, avec frottements l'une sur l'autre des parties cintrées, n'ont pas grand'peine à les couper.

MM. Leroy et C^{ie} firent breveter, en 1899, un joint qu'ils appelèrent *raccord Express*, qui fut de suite adopté par la Marine française, concurremment avec le joint *Velox*, et qui est encore employé aujourd'hui par ces constructeurs.

Le raccord est composé de deux pièces, enfilées sur les deux tuyaux à réunir, et se vissant l'une dans l'autre. Les extrémités des tuyaux sont rabattues au marteau, et le joint s'obtient en serrant entre elles une rondelle métallo-plastique, composée d'amiante serré entre deux minces feuilles de cuivre rouge écroui (fig. 597).

Quand le cuivre est très doux, bien recuit, et rabattu doucement, par un ouvrier soigneux, ce joint est parfait. Il résiste aux plus hautes pressions, et a été essayé jusqu'à 36 kilogrammes par la Marine française ; les extrémités rabattues, protégées par le joint plastique, ne se déforment pas, et ne se fatiguent pas par les démontages et remontages successifs.

Quelques années après, un autre constructeur, dont l'auteur ignore le nom, construisit un raccord analogue, obtenu au moyen d'un joint en deux pièces, en rabattant d'équerre les extrémités des tubes, comme

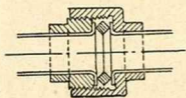


Fig. 598.

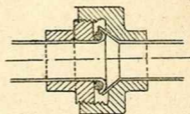


Fig. 599.

dans le raccord *Express*, mais il remplaça la rondelle métalloplastique par une bague à angles saillants, en cuivre rouge, qui s'écrase sous le serrage, et forme joint entre les deux parties rabattues (fig. 598).

Enfin, et pour clore la série de ces joints, dont nous pourrions citer encore une douzaine de variétés, nous parlerons du joint *Vasse* (fig. 599).

Ce joint tient à la fois du raccord *Velox*, l'une des extrémités du tuyau étant rabattue en demi-rond sur un anneau en cuivre rouge, et du joint biconique, l'autre extrémité étant évasée, et venant former serrage contre l'extrémité arrondie du premier tuyau. Ce joint a été beaucoup moins employé que les trois premiers, et l'examen de la figure montre aussi qu'il est moins sûr et plus déformable.

II. — TUYAUTERIES DU CHAUFFAGE PAR LA VAPEUR A HAUTE PRESSION

1° **Tuyauteries en cuivre.** — Les tuyaux en cuivre rouge sans soudure employés pour ce chauffage sont généralement d'épaisseurs plus fortes que les précédentes. La Marine française a fixé, en ce qui la concerne, des épaisseurs qui sont généralement celles admises aussi

dans l'industrie, et qui sont résumées dans le tableau ci-dessous, avec les pressions d'épreuves correspondantes :

Diamètres intérieurs en millim.	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	180	200
Épaisseurs en millim.	1	1	1,5	1,5	2	2	2	2,5	2,5	3	3	3	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4	4
Pression d'épreuve en kilogs par cent. carré 30 kg																27,5	25,5	24	21,5

La formule générale de la Marine pour arriver à ces épaisseurs est :

$$e = \frac{(1,75 \text{ à } 2,25) \times PD}{1.000} + C,$$

dans laquelle :

e est l'épaisseur en millimètres ;

1,75 à 2,25, un coefficient variable suivant les pressions effectives de la vapeur qui circulera dans le tuyau, au-dessus de 10 kilogrammes, et jusqu'à 14 kilogrammes par centimètre carré ;

P , pression en kilogrammes par centimètre carré ;

D , diamètre du tuyau en millimètres ;

C , un appoint, pour tenir compte de l'usure, 1 pour les tuyaux plus petits que 50 millimètres, 1 1/2 pour ceux de 50 à 100 millimètres, 2 pour ceux au-dessus de 100 millimètres.

Pour les tuyaux en cuivre soudés, la Marine emploie la même formule, mais le premier coefficient varie de 2 à 2,5.

Les tuyaux en cuivre s'assemblent l'un avec l'autre au moyen de tubulures, au moyen de brasures bout à bout, ou encore par joints de brides.

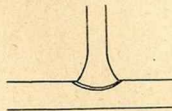


FIG. 600.

Les tubulures en cuivre rouge sont toujours en cuivre sans soudure, et s'achètent toutes préparées, avec un empattement.

Pour braser les tubulures (fig. 600), on commence par faire un trou dans le tuyau, au diamètre de la tubulure, puis on chauffe au rouge le tuyau et la tubulure, sur un four à braser chauffé par le coke ; on a soin de nettoyer soigneusement avec une lime les faces à unir, le métal étant au rouge, puis on projette de la brasure fine de cuivre et du borax, et on fond en augmentant la température avec un chalumeau.

La brasure est, du reste, un travail assez délicat, qui nécessite de très bons ouvriers, et doit être fait avec le plus grand soin.



On essaie beaucoup la soudure autogène, mais les résultats, jusqu'ici, ne sont pas très concluants avec la soudure oxyhydrique et la soudure oxyacétylénique. Les résultats sont meilleurs, paraît-il, en employant l'oxygène et le gaz d'éclairage, la température du dard de chalumeau étant moins élevée. Ce n'est, du reste, que le retour au chalumeau ordinaire, dans lequel l'air est remplacé par l'oxygène. Ces procédés valent ce que vaut la main-d'œuvre de l'ouvrier qui les emploie. De bons soudeurs font toujours de bon travail.

La soudure autogène n'est pas encore pratique pour le cuivre, et les essais, faits par les ouvriers très habiles, des spécialistes, ne sont pas couronnés de succès quand on les fait appliquer industriellement par les soudeurs ordinaires, même très adroits. Elle aura, du reste, toujours le défaut de faire des raccords à angles trop vifs, qui augmentent l'importance du coefficient de résistance locale.

Pour assembler les tuyaux bout à bout, on fait pénétrer les extrémités l'une dans l'autre, soit en refoulant à chaud l'extrémité d'un des tuyaux pour augmenter son diamètre, soit, au contraire, en réduisant à chaud le diamètre de l'autre tuyau pour le faire pénétrer dans le premier. Les surfaces en contact doivent être bien nettoyées à la lime ; le tuyau extérieur a son extrémité évasée en forme de pavillon, dans lequel on coule la brasure au chalumeau, de là le nom de *brasure à godets* (fig. 601). Quand le travail est fini, on dresse à la lime le cordon extérieur en saillie.

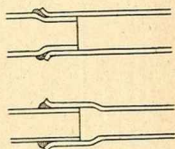


FIG. 601.

Quelquefois, on lime ou on meule cette saillie extérieure, on dit que l'assemblage est fait à *brasure perdue*, mais le joint est beaucoup moins solide.

Quand le travail n'a pas besoin d'être très propre, et que la pression intérieure n'est pas très forte, on se contente de rabattre au marteau les deux extrémités des tuyaux, et de les braser au chalumeau, avec très peu de brasure (fig. 602).

Le mieux est encore d'employer des joints de brides. On peut braser les tuyaux de cuivre sur les brides en fer, exactement comme nous l'avons dit précédemment pour les tuyaux en acier.

Mais, le plus souvent, on se contente de laisser les brides libres, et de rabattre un collet intérieur sur chaque tuyau, comme nous l'avons dit pour les tuyaux en acier (fig. 584). Avec du bon cuivre bien recuit, ce travail se fait très facilement au marteau, et le joint est très bon.

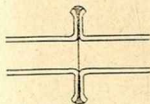


FIG. 602.

Les brides employées sont les mêmes que celles dont nous avons précédemment parlé ; elles sont circulaires et plates.

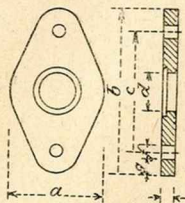


FIG. 603.

Il n'est pas nécessaire, quand on tombe des collets, d'employer des brides tournées, et on se contente souvent de brides brutes de forge, et simplement dressées à la lime pour enlever les paillettes.

Pour les petits diamètres de tuyaux, dans le but de rendre les brides moins encombrantes et de pouvoir placer les tuyaux plus près des murs, on emploie des brides ovales (fig. 603). Ces brides ovales sont même employées pour les gros diamètres ; mais le joint est moins bon, et elles sont peu à conseiller

dans ce cas. Voici les dimensions les plus courantes :

<i>d</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>
10	40	66	40	8	11,5	13	19
11 à 15	51	79	49	9	13,5	15	22
16 à 25	63	101	63	10	16,5	19	27
26 à 35	75	123	77	12	19,5	23	33
36 à 45	87	139	93	14	19,5	23	33
46 à 55	99	161	109	16	21,5	26	37
56 à 65	110	177	125	18	21,5	26	37
66 à 75	123	201	141	20	24,5	30	42
76 à 85	135	217	157	22	24,5	30	42
86 à 95	147	239	173	24	27	33	51
96 à 100	156	250	184	26	27	33	51
101 à 110	168	274	200	28	30	37	62
111 à 120	180	290	216	30	30	37	62

Les tuyaux en cuivre se cintrent à froid, après avoir été préalablement recuits. Mais, sauf pour les tuyaux de petits diamètres, et pour les cintrages à grand rayon, il faut les remplir au préalable, afin de les empêcher de s'ovaliser et de s'aplatir. On les remplit de résine, qu'on coule à chaud et qu'on laisse refroidir. On fait alors le cintrage très doucement, en ayant soin de marteler, pour empêcher le cuivre de se plisser. Le minimum du rayon de cintrage est de 1 fois et demie le diamètre du tuyau, encore faut-il avoir affaire à de très bon cuivre, bien doux et pas cassant.

Quand on veut cintrer du tuyau soudé, il faut prendre beaucoup de précautions, et faire travailler la soudure au minimum, pour éviter que le tuyau ne s'ouvre. On place la soudure sur le côté, un peu en dedans du diamètre moyen, et jamais sur le rayon intérieur ou extérieur du cintrage.

Il est à peu près impossible de cintrer dans les plus gros diamètres que 200 à 250 millimètres ; on construit alors des coquilles, c'est-à-dire des demi-tores, et on les soude ensuite après cintrage. Ces pièces, martelées, sont très onéreuses.

Quand on veut assembler les tuyaux en cuivre plus proprement qu'avec des brides, on emploie des raccords en bronze en trois pièces, identiques aux raccords *Union* dont nous avons précédemment parlé pour les tuyauteries en fer (fig. 604). On refoule à chaud les extrémités des tubes en cuivre, en les maintenant avec un outil pour conserver la forme circulaire ; on nettoie bien l'intérieur, et on brase ensuite sur le raccord, comme nous l'avons montré pour les brasures à godets (fig. 601).

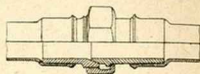


FIG. 604.

2° Tuyaux en acier. — Le cuivre ayant augmenté dans des proportions considérables depuis quelques années, on a de plus en plus pris l'habitude d'employer les tuyaux en acier. Ces tuyaux sont, du reste, les seuls possibles pour les très hautes pressions et pour la vapeur surchauffée, le cuivre n'étant pas assez résistant quand la température dépasse 200°.

Nous avons décrit (fig. 582 à 587) les divers systèmes de brides et de brasures employés, nous ne reviendrons pas sur cette question.

Nous appellerons simplement l'attention sur le coefficient d'usure intérieure des tuyaux, usure par frottement du liquide sur le métal, usure par attaque de l'acier par l'eau distillée, qui, en raison de la faible épaisseur des tubes en acier, donnera certainement lieu à un entretien très coûteux des installations de chauffage faites avec ces tubes. On peut dire qu'une installation de tuyauterie en acier a une durée très limitée, 8 à 10 ans au maximum.

III. — TUYAUTERIES POUR LE CHAUFFAGE PAR L'EAU CHAUDE A BASSE PRESSION

Les tuyauteries en cuivre et en fer employées dans les chauffages par l'eau chaude sont les mêmes que celles employées dans les chauffages par la vapeur à basse pression, et nous ne les décrirons pas à nouveau, sauf celles relatives aux chauffages de serres.

Tuyauteries en cuivre pour chauffages de serres. — Ces tuyauteries se font en général en gros diamètres et en cuivre de très faible

épaisseur, 1/2, 3/4 et 1 millimètre. Ce cuivre est toujours du type soudé, et quelquefois même simplement agrafé, comme les tuyaux de poêles en tôle mince. Les soudures se font à l'étain, et sont très suffisantes, puisque le système fonctionne absolument sans pression.

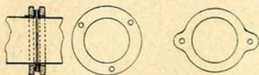


FIG. 605.

Les joints se font à brides, en interposant une rondelle de caoutchouc entre les deux extrémités du tuyau de cuivre, rabattues au marteau.

Les brides sont rondes, avec trois boulons, ou à oreilles, avec seulement deux boulons (fig. 605).

Les coudes simples et doubles, tés, branchements à plusieurs tubulures (fig. 606) sont préparés d'avance et brasés, ou même simplement soudés à l'étain. Les coudes sont toujours faits

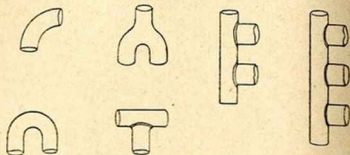


FIG. 606.

en coquilles, avec deux soudures ou deux brasures.

Ces tuyaux en cuivre rouge, qui étaient très employés autrefois, sont aujourd'hui presque universellement abandonnés, à cause de la cherté du métal, et remplacés par des tuyaux en fonte.

Tuyaux en fonte pour chauffages de serres. — Ces tuyaux (fig. 607) sont très minces

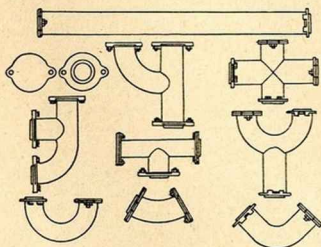


FIG. 607.

et assemblés à brides, avec deux boulons et interposition d'un joint en caoutchouc. Ils se raccordent à la bride par un léger emboîtement, la partie mâle pénétrant dans la partie femelle, dans le sens du courant établi par la circulation.

Les dimensions les plus courantes sont 80, 100, 120 et 150 millimètres, bien

qu'on trouve d'autres diamètres dans le commerce, et les tuyaux droits se font jusqu'à une longueur de 3 mètres. On intercale sur ces

tuyaux de simples vannes de réglage à papillon, avec presse-étoupe au passage de la tige de manœuvre (fig. 608).

Un tuyau très intéressant à employer dans les chauffages de serres, et dans tous les chauffages à eau sans pression, est le tuyau à joint Universel. Ce tuyau, qu'on trouve en fonderie suivant les diamètres extérieurs de 75, 100 et 120 millimètres, et en toutes longueurs jusqu'à 3 mètres, est entièrement lisse, sans brides ni bourrelets, de sorte qu'il est facile de le couper à la longueur exacte nécessaire, lorsqu'on ne dispose pas, avec les dimensions commer-

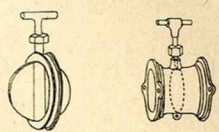


FIG. 608.

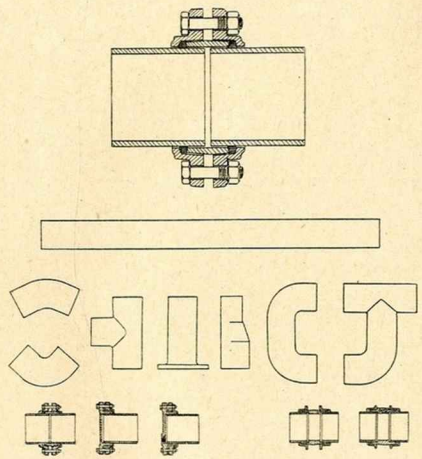


FIG. 609.

ciales courantes, de la longueur exacte qui convient au local à chauffer.

Le joint s'obtient très simplement au moyen d'une bague placée autour des tuyaux, et maintenue en place par deux contre-bridés, portant chacune dans le fond un caoutchouc, et serrées par deux boulons.

Ce joint, bien entendu, ne peut supporter aucune pression; mais, pour les conduites de serres, il est très suffisant. Le caoutchouc, qui n'est pas

en contact avec l'eau, tient très bien, et peut servir longtemps, même après plusieurs remontages successifs.

La figure 609 montre les pièces de raccords, coudes, tés, joints, etc., qui se trouvent couramment dans le commerce avec ce tuyau.

Tuyaux en fonte pour grands chauffages à eau chaude. — Dans les installations de chauffages par l'eau chaude dits à basse pression, il

existe néanmoins une certaine pression, qui correspond à la hauteur du réservoir d'expansion au-dessus de la chaudière. Pour une de nos maisons de rapport, à Paris, le réservoir est placé dans le comble, au-dessus du septième et même du huitième étage, ce qui correspond à une hauteur de colonne d'eau de 25 à 30 mètres, c'est-à-dire

à 2 1/2 à 3 kilogrammes de pression à la chaudière.

Les tuyaux précédemment décrits ne pourraient convenir, leurs joints ne tiendraient pas. On emploie plus spécialement les *tuyaux à cordon et emboîtement*, ou les *tuyaux à joints Pelil*.

Les figures 610 et 611 représentent le tuyau à cordon et à emboîtement, qui est, du reste, employé d'une manière générale pour les conduites de distribution d'eau froide, en diamètres de 40 à 250 millimètres, et en longueurs allant jusqu'à 3 et 4 mètres. On voit que le tuyau comprend un cordon ou bourrellet à une extrémité, qu'on appelle *boul mâle*, et une partie évasée, ou *bout femelle*, à l'autre extrémité. Dans cette

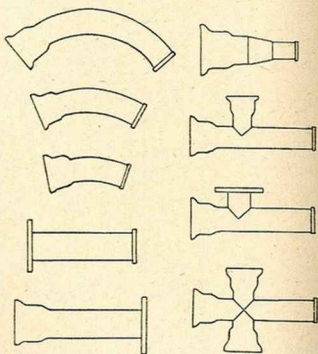


FIG. 611.

partie évasée est réservée une cannelure circulaire près de l'extrémité.

Pour faire le joint, on enroule autour de la partie mâle une grosse corde, huilée ou suifée, sur une longueur correspondant à la moitié de celle de

l'emboîtement. On enfonce à force la partie mâle dans l'évasement femelle; et on achève de remplir l'espace libre de l'emboîtement avec du plomb en fusion, versé avec une cuiller à bec.

Le plomb s'arrête à la ficelle, et un bourrelet emplit la cannelure et empêche ce remplissage de sortir quand il est refroidi. Il ne reste plus qu'à faire tout autour un glacis, en coupant le plomb avec une lame tranchante. On obtient ainsi une garniture très propre, et un joint tout à fait hermétique.

Le joint Petit se fait également avec des tuyaux possédant un bout mâle, s'emboîtant dans une partie femelle (fig. 612).

Une rondelle en caoutchouc, serrée entre la partie mâle et la partie femelle, entre deux bourrelets de fonte, assure l'étanchéité. Chacune des deux parties possède deux paires d'oreilles, entre lesquelles on maintient

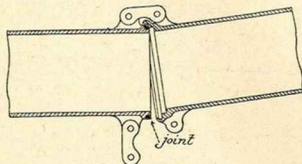


FIG. 612.

une patte en fer, au moyen d'une broche en fer qui traverse à la fois les trous, placés en face l'un de l'autre, des oreilles et de la patte.

Ce joint se fait très rapidement et avec la plus grande facilité; il se démonte aisément, et le caoutchouc dure très longtemps. La seule précaution à prendre est de toujours poser le tuyau avec les oreilles verticales, pour que la broche soit bien maintenue en place.

Ces tuyaux se font en longueurs de 0^m,25, 0^m,50, 0^m,75, 1 mètre, 1^m,25, 1^m,50 et 2 mètres, et en diamètres de 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 135, 150, 175, 200, 225, 250 millimètres.

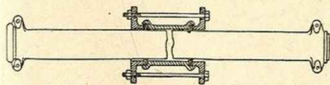


FIG. 613.

Pour le cas où une longueur rigoureuse ne pourrait être obtenue avec les longueurs courantes, on peut couper deux morceaux, et les assembler avec un manchon et deux contre-bridés, serrant deux joints en caoutchouc interposés, au moyen de deux boulons de serrage (fig. 613).

On trouve en fonderie des coudes au 1/32, 1/16, 1/8 et 1/4, des tés à tubulures égales ou inégales, des croix, des cônes de réduction, des bouchons mâles et femelles, des raccords droits ou cintrés, terminés par une bride d'un côté et une partie mâle ou femelle de l'autre, des cônes permettant de passer d'un diamètre à l'autre, enfin les pièces rendant faciles tous les assemblages et toutes les dispositions nécessaires.

Les tuyaux à joint Petit se construisent également à ailettes verticales, pour être employés comme surfaces de chauffe dans les chauffages en

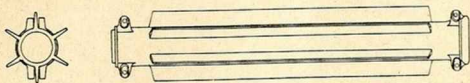


FIG. 614.

gaines (fig. 614). Ces surfaces varient de $1\text{m}^2,20$ à 3 mètres carrés par mètre courant, pour des diamètres intérieurs de 100, 125, 200 et 250 millimètres, et en longueurs de 1 mètre, $1\text{m},50$ et 2 mètres.

On peut citer encore, quoique moins employé dans les chauffages que

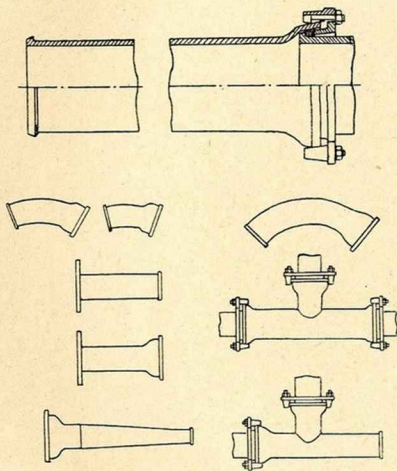


FIG. 615.

dans les canalisations d'eau froide, un tuyau système Chappée, comprenant une partie mâle à cordon, s'emboitant dans une partie femelle, avec interposition dans le joint d'un caoutchouc serré par une bague, que maintient une bride. Cette bride est elle-même tenue par des boulons à

crampon, prenant point d'appui sur un rebord extérieur de la partie femelle (fig. 615). Ce tuyau se fait en 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125 millimètres de diamètre, et en longueurs allant jusqu'à 2 mètres.

IV. — TUYAUTERIES POUR LE CHAUFFAGE PAR L'EAU CHAUDE A HAUTE PRESSION

Les tuyaux des chauffages Perkins, ou des micro-siphons, se construisent par longueurs de 5 à 6 mètres, comme les tuyaux en fer ordinaires, et en deux dimensions : le petit modèle, de 15 millimètres intérieur et 27 millimètres extérieur, et le grand modèle, de 22 millimètres intérieur et 34 millimètres extérieur.

Les assemblages se font par manchons en fer forgé, taraudés pas à droite et pas à gauche, le serrage étant fait à bloc, jusqu'à ce que l'extrémité d'un tuyau, limée en biseau, vienne s'appuyer sur l'extrémité de l'autre, parfaitement dressée (fig. 616). Les filetages sont à pas très serré, et l'essai peut être fait à la pression hydraulique à 250 kilogrammes par centimètre carré.

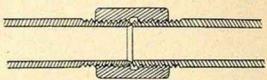


FIG. 616.

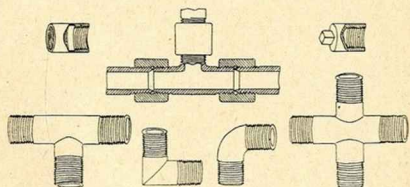


FIG. 617.

Ces tubes doivent être posés avec le plus grand soin, très soigneusement cintrés après remplissage pour être travaillés avec toute sécurité. Ils ne sont généralement vendus qu'en très bonne qualité, en raison de la responsabilité qu'encourrait le fabricant, si une rupture était due à un vice de fabrication.

On fabrique spécialement quelques raccords en fer forgé (fig. 617), des coudes droits et d'équerre, des tés, des croix, des bouchons, qui sont les seuls raccords utiles, puisque les circulations de tubes Perkins sont continues et sans branchements. Quant aux vases d'expansion des tubes Perkins, ils se font en fer forgé, comme les tubes Field des chaudières à vapeur.

DILATATION DES TUYAUX

Nous avons expliqué, dans le chapitre des *Notes techniques*, que le coefficient de dilatation des solides est de 0,000012204 pour le fer, 0,00001125 pour la fonte, 0,000017182 pour le cuivre.

Les tuyauteries de chauffage peuvent donc s'allonger et se contracter d'une manière assez importante pour qu'on soit obligé d'en tenir compte.

De 0 à 100° cet allongement est en effet :

Pour les tuyaux en cuivre	0 ^m ,1717	par mètre
Pour les tuyaux en fer	0 ^m ,1220	—
Pour les tuyaux en fonte.....	0 ^m ,111	—

Pour les grandes longueurs horizontales, on emploie, quand on le peut, de grands cintrages en cuivre, en forme d'S ou de cor de chasse, assemblés à brides avec les tuyaux qui doivent se dilater (*fig. 618*).

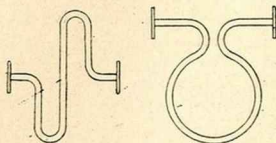


FIG. 618.

Pour les grandes longueurs droites, on place un coude de dilatation tous les 20 ou 30 mètres, en ayant soin de maintenir le tuyau au milieu par un très fort collier de serrage, très solidement scellé ou fixé dans la

paroi, de manière que le tuyau s'allonge de part et d'autre du collier. La flexibilité du cuivre permet au tuyau de s'allonger, en serrant sur l'S ou sur le cor de chasse (*fig. 619*).

Ces grands cintrages, dont le développement est souvent très important pour les gros diamètres, ne peuvent pas toujours être admis. Quand les diamètres des tuyaux atteignent 100 millimètres, ils cessent tout à fait d'être pratiques.

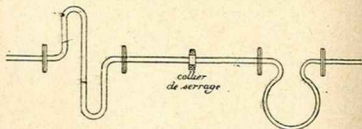


FIG. 619.

On emploie alors de préférence des joints d'expansion, qui se composent de deux tuyaux coulissant l'un dans l'autre, l'étanchéité étant assurée par un presse-étoupe (*fig. 620*). L'un des tuyaux est généra-

CANALISATIONS DANS LES CHAUFFAGES PAR LA VAPEUR ET L'EAU CHAUDE
 lement en laiton ou en bronze, et le presse-étoupe est en bronze, de manière à ne pas être affecté par la rouille.

Ces joints doivent être soigneusement calculés, pour que la contraction de la tuyauterie ne fasse jamais sortir la partie qui coulisse d'une longueur suffisante pour qu'il y ait ensuite coincement au moment de l'expansion.

Enfin, pour les tuyaux verticaux, on emploie quelquefois des joints en cuivre écroui flexible, composés de deux ou plusieurs calottes sphériques, pouvant s'aplatir l'une sur l'autre au moment de la dilatation, et reprendre leur position primitive quand la colonne se contracte (fig. 621). Une disposition très connue de ce type est fabriquée par la maison Delaunay-Belleville.

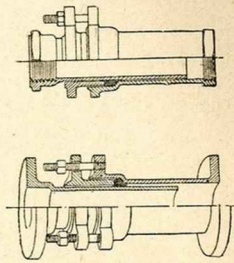


FIG. 620.

On n'apporte pas toujours autant d'attention qu'on le devrait à la question des supports et colliers destinés à maintenir les tuyauteries de chauffage.

Il ne faudrait pas oublier que ces supports doivent, non seulement maintenir les tuyaux, mais encore leur conserver les pentes calculées pour le bon fonctionnement de l'installation, et ce résultat ne peut être obtenu que si ces tuyaux sont guidés par des supports qui leur permettent de se dilater et de se contracter librement.

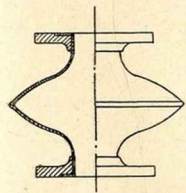


FIG. 621.

Nous venons de dire quelques mots sur les coudes et manchons qui permettent la libre dilatation des longues conduites horizontales ou verticales. Ces accessoires ne sont pas indispensables pour les petites longueurs, à la condition que les branchements puissent suivre, sans se rompre, les mouvements d'allongement ou de contraction de la conduite principale.

Pour mieux être compris, considérons une conduite horizontale AB, en fer, de 50 mètres de longueur, placée sous un plafond, alimentée en A par une colonne verticale, et terminée en B par une colonne verticale purgée par un syphon, en même temps que, sur son parcours, sont placés divers petits branchements alimentant des radiateurs (fig. 622).

Il est bien évident que les points A et B doivent rester fixes, sous

peine de déformer les positions des têtes ou pieds de colonne, ou de briser les coudes ou tés en fonte, en fer ou en cuivre, s'ils ne sont pas flexibles, ce qui est le cas le plus normal.

La longueur de la conduite, qui était de 50 mètres à 0°, deviendra :

$$L = 50 (1 + 0,00012204 \times 100) = 50^m,06102,$$

c'est-à-dire que son allongement sera de plus de 6 centimètres, ce qui est considérable.

Cet allongement se fera sur le joint d'expansion placé au milieu, à

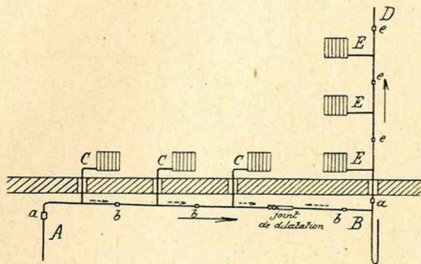


FIG. 622.

condition que les colliers *a, a*, placés aux points A et B, soient des colliers de butée, et que tous les colliers *b, b, b, b, ...*, placés tous les 2 ou 3 mètres, laissent coulisser le tuyau.

Les branchements *C, C, ...*, devront être assez flexibles pour ne pas se rompre dans le déplacement de leur pied, qui sera de 1 à 3 centimètres, suivant leur distance des points extrêmes fixes A et B ; ils ne devront donc être bridés par aucun scellement dans la traversée du plafond, ni par aucun collier.

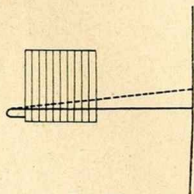


FIG. 623.

Si nous considérons maintenant la colonne verticale *BD*, son pied A étant maintenu par le collier de butée *a*, elle devra avoir sa dilatation libre, à la condition de pouvoir s'allonger vers le haut ; les colliers

e, e, ..., devront donc la laisser coulisser, et les branchements de radiateurs *E, E, ...*, devront être assez flexibles et assez longs pour permettre ce déplacement. Si ces branchements sont courts, ou main-

tenus rigides par des colliers, ils se guillotent au té de branchement.

C'est pour cette raison qu'on va le plus souvent raccorder le radiateur du côté le plus éloigné de la colonne verticale, pour permettre le déplacement indiqué par la ligne ponctuée (fig. 623).

Pour ces branchements, les petits tuyaux en cuivre sont préférables, parce qu'ils sont plus flexibles, et parce qu'ils sont moins visibles dans cette disposition, toujours assez peu esthétique.

L'étude des allongements et contractions est donc excessivement importante pour les installations de chauffage, et les précautions mal observées ou complètement négligées sont souvent la cause principale des fuites, ruptures de joints ou de branchements, dans les installations exécutées par des constructeurs inexpérimentés. Que de procès avons-nous vus pour des fuites ayant causé des dégâts considérables, et qui n'avaient pas d'autre cause.

SUPPORTS ET COLLIERS

On doit apporter un soin tout particulier dans le choix des colliers, qui doivent être de types convenables, suivant leur position par rapport aux tuyauteries.

Les colliers de butée doivent être en fer forgé, munis de deux boulons de serrage très solides, et maintenus énergiquement dans les murs par un excellent scellement, suffisamment long, et fait de préférence au ciment (fig. 624).

Les colliers de commerce ne peuvent pas, en général, servir pour cet usage, et ils doivent être faits spécialement, et posés avec le plus grand soin.

Quant aux colliers servant simplement de supports, on en trouve de fort nombreux dans le commerce, et on n'a que l'embarras du choix parmi les modèles proposés par les catalogues. Ils ne doivent pas serrer le tuyau, mais simplement le supporter sans fléchir, de manière à le laisser coulisser, tout en conservant les pentes suivant lesquelles il a été établi. Il faut donc qu'ils soient solidement scellés, rapprochés au moins tous les 2 mètres pour les gros tuyaux, 1^m,50 pour les petits, et 1 mètre, au grand maximum, pour les tuyaux en cuivre flexibles.

On doit se méfier des crochets à vis, des anneaux de suspension, des colliers en tôle ou en feuillard, plus ou moins profilés, dont les Américains

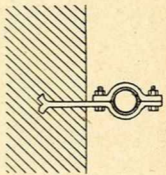


FIG. 624.

et les Allemands nous ont inondés, et qui ne valent certainement pas même le prix ridiculement bas auxquels ils sont offerts.

Un bon collier en fer forgé, ou en cuivre avec tige en fer forgé, ou encore en fonte, doit être préféré à tous les colliers ou supports aux formes savantes; il doit être complété par un scellement solide, sur lequel on ne saurait trop appeler l'attention.

FOURREAUX. — ROȘACES ET PLAQUES POUR LES DISSIMULER

Les tuyaux ne doivent jamais être bloqués dans la maçonnerie, lorsqu'ils traversent les murs et les planchers. Il faut toujours les protéger par des fourreaux leur permettant de s'allonger ou de se raccourcir, ou de se déplacer latéralement, pour suivre les mouvements produits par la dilatation et la contraction.

Ces fourreaux doivent donc être plus ou moins grands; ils peuvent ne laisser qu'un très léger jeu quand la dilatation produit son effet par simple allongement du tuyau, mais un jeu beaucoup plus grand quand il s'agit d'un branchement qui se déplace latéralement, de plusieurs centimètres quelquefois.

On fait généralement les fourreaux en tôle mince, ou on emploie des chutes de tubes inutilisables. On tend, en ce moment, à envelopper simplement le tuyau avec du papier ondulé, qu'il est facile ensuite de couper avec un couteau, pour affleurer l'enduit du mur. Ces fourreaux en papier ne peuvent être admis que lorsque la dilatation ne produit qu'un effet d'allongement dans le sens du tuyau.

Ils laisseraient un jeu tout à fait insuffisant pour les branchements qui traversent les planchers et les plafonds, pour lesquels un gros tube s'impose.

Comme dans ce cas les trous réservés seraient d'un aspect très désagréable, on les dissimule quelquefois par un petit tampon en une pièce ou en deux pièces montées à charnière, qui s'emboîte intérieurement dans le fourreau, et qui présente extérieurement une partie plate ou moulurée, peinte ou nickelée, donnant l'aspect d'une embase ou d'un chapiteau (fig. 625).

Ces plaques sont à recommander, parce qu'elles permettent la libre dilatation, que les architectes ont trop souvent tendance à gêner, en faisant bloquer les tuyaux dans les murs et planchers après la pose.

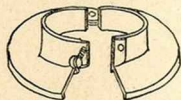


Fig. 625.

CHAPITRE XXIV

OUTILLAGE EMPLOYÉ SUR LES CHANTIERS POUR LES MONTAGES DES CHAUFFAGES PAR LA VAPEUR ET PAR L'EAU CHAUDE

L'outillage employé par un monteur en chauffage est relativement important et coûteux.

Nous devons signaler que, là encore, l'industrie française se signale par son indifférence, et presque tout l'outillage de nos monteurs chaudronniers est américain, anglais, allemand, ou suisse.

Si on considère que cet outillage se chiffre par plusieurs centaines de mille francs, qu'il s'use, et que les rechanges sont difficiles, on peut, à juste titre, s'étonner que nous soyons tributaires de l'étranger, et que nos constructeurs français ne s'intéressent pas à cette branche de l'industrie.

Un monteur doit avoir à sa disposition :

- 1° Une forge, pour chauffer et cintrer ses tuyaux, préparer ou modifier ses colliers.
- 2° Un établi, pour fixer ses gros outils ;
- 3° Des outils coupe-tubes, coupant bien normalement à l'axe des tuyaux ;
- 4° Des étaux spéciaux, pour maintenir les tubes pendant le filetage ;
- 5° Des filières, ou des machines, pour les fileter ;
- 6° Des tarauds, pour rectifier, s'il y a lieu, les taraudages des pièces de raccords ;
- 7° Des griffes et des clés spéciales, pour maintenir les tuyaux et faire les serrages ;
- 8° Enfin, une collection de petits outils, clés anglaises, tourne-vis, limes, ciseaux, outillage pour percer les murs, les planchers, les métaux, etc.

Sans vouloir entrer dans le détail de tous les différents modèles d'outils

et machines employés, nous pensons qu'il n'est pas sans intérêt de citer les caractéristiques principales et les qualités que doivent avoir ces outils.

FORGE

La forge se compose, en général, d'une caisse en tôle, garnie de briques, et dans le fond de laquelle débouche la tuyère d'arrivée d'air (*fig. 626*).

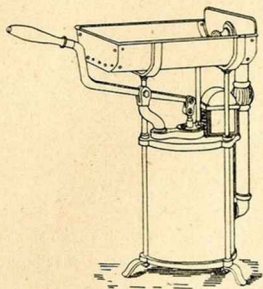


FIG. 626.

L'air est insufflé, soit par un soufflet, soit par un piston, qu'on manœuvre avec un long levier. Il existe aussi des forges avec un petit ventilateur, mû par une manivelle à multiplication. Nous n'aimons pas, en général, ce type de forge, parce qu'il oblige l'ouvrier à se rapprocher trop près du foyer, tandis que, dans les autres modèles, le levier lui permet de se tenir à une certaine distance. Dans les chantiers ouverts à tous les vents, où travaillent en général les ouvriers pendant le montage de leurs installations, il semble préférable qu'ils

ne soient pas trop près du feu, pour qu'un coup de vent ou un courant d'air ne puisse projeter sur eux le charbon incandescent.

Ce sont, en général, les forges à soufflet en cuir, qui, malgré l'ancienneté de leur méthode, sont le plus appréciées des ouvriers. Elles sont robustes, supportent facilement les déplacements d'un chantier à l'autre, sont faciles à entretenir, et peu coûteuses de réparations. N'importe quel serrurier peut les remettre au point, et aucun organe délicat ne nécessite l'intervention du mécanicien, souvent nécessaire pour les forges à ventilateur, que l'on tend cependant de plus en plus à employer.

ÉTABLI

L'établi doit être très solide, avec un dessus épais, en chêne ou en bois dur, pouvant durer longtemps, malgré les chocs et le très dur travail auquel il est soumis, et avec des trous spécialement réservés pour maintenir, par des boulons, les divers étaux.

Il doit avoir 0^m,80 à 1 mètre de long, 0^m,50 à 0^m,60 de large, et une hauteur de 0^m,80, avec des pieds écartés donnant un empattement solide. Si possible, les pattes sont renforcées chacune par une équerre en fer forgé, permettant de maintenir l'établi sur le sol par de forts rappointis.

Il est bon que le socle soit aménagé en bahut, avec une porte et une serrure, permettant à l'ouvrier de ranger ses outils en sécurité, quand il ne s'en sert pas, ou quand il quitte son chantier. Un tiroir dans ce bahut, pour ranger les petits outils, est très apprécié des ouvriers.

Pour les petits travaux, qui ne nécessitent pas l'emploi de tuyaux de plus de 40 millimètres, on peut se contenter d'un gros tréteau, au lieu de cet établi, qui est un peu lourd et encombrant.

ÉTAUX

Les étaux sont généralement construits en fonte malléable, et se composent d'un bâti, qui s'ouvre à charnière pour laisser passer le tube, et se maintient fermé ensuite par un crampon ou une goupille. Le tube est

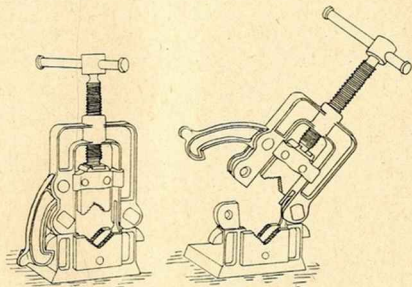


FIG. 627.

serré entre deux mâchoires, l'une fixe, et l'autre mobile, avec une vis de serrage.

Cet outil est presque exclusivement importé d'Amérique, et une dizaine de maisons des États-Unis fournissent les nombreux quincailliers et revendeurs d'accessoires de chauffage, qui sont maintenant légion, et sont souvent incapables de vendre les pièces de rechange, si nécessaires, en raison de la qualité médiocre de la plupart de ces étaux.

Le modèle de notre figure 627 est parmi les meilleurs.

Pour les petits tuyaux, le crampon qui maintient le bâti fermé est suffisant. Quand on veut fileter de gros tuyaux, on passe une clavette, qui

permet une solidité plus grande, et supprime tout risque d'accident à l'ouvrier, toujours à craindre avec un simple crochet, qui peut se lâcher.

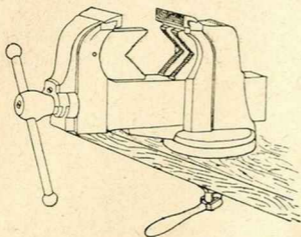


FIG. 628.

Un étau parallèle tournant est indispensable pour les travaux importants. Il en existe sur le marché un certain nombre, se rapprochant tous de celui représenté par la figure 628. Le tube est pris entre les mâchoires spéciales, serrées au moyen d'une vis, à la façon des étaux parallèles, et tout l'étau lui-même tourne autour d'un axe vertical, fileté à son extrémité qui traverse le bâti de l'établi. On peut le

maintenir dans la position voulue pour un travail facile, par un simple serrage d'un écrou tournant sur l'axe, et serrant sur le dessous de l'établi.

COUPE-TUBES

Le tube étant solidement maintenu dans l'étau, le premier travail consiste à le couper.

Il existe un grand nombre de modèles de coupe-tubes, tous américains.

Le plus simple (fig. 629) se compose d'un bâti fixe, portant dans le fond deux rouleaux mobiles sur leur axe, et une molette placée dans une monture articulée sur un axe, et solidaire d'un levier de manœuvre fileté à l'extrémité traversant la monture. On fait reposer les rouleaux sur le tube, et on

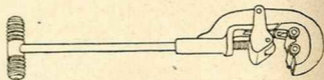


FIG. 629.

serre la vis jusqu'à ce que la molette vienne au contact de ce tube, qui se trouve ainsi serré entre trois pièces tournant chacune autour de leur axe, de sorte qu'en manœuvrant le levier on peut donner à l'outil un mouvement de rotation autour du tube, avec la plus grande facilité. En serrant la vis progressivement, à mesure que la molette coupante creuse peu à peu une rainure, on finit par couper complètement le tube. L'opération est rapide, les molettes en acier étant très coupantes, et les rouleaux, d'une certaine longueur, étant très suffisants pour guider l'outil, de manière que la molette coupe toujours dans le même sillon.

Pour accélérer le travail, on préfère souvent employer des coupe-tubes à trois molettes.

Le principe est le même, les deux rouleaux de guidage étant remplacés par des molettes.

Le travail est plus rapide, mais il est plus difficile de maintenir les molettes dans le même sillon, surtout quand leur axe commence à se déformer, après un usage prolongé.

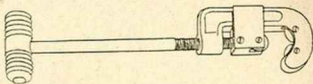


FIG. 630.

L'examen de la figure 630 montre un meilleur outil que le précédent. La molette mobile est montée dans une pièce qui n'est plus mobile autour d'un axe d'articulation, mais qui coulisse sur la monture.

Enfin, pour les gros tuyaux, on emploie quelquefois un coupe-tubes à six molettes, placées dans une monture articulée en forme de chaîne Galle, avec une vis de serrage maintenant toujours les molettes bien appliquées dans le sillon qu'elles creusent sur le tube (fig. 631).

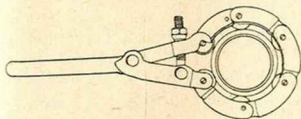


FIG. 631.

Tous ces appareils sont généralement peu solides, très quincaillerie, et nécessitent des réparations fréquentes. Les molettes durent peu : elles s'émoussent, si elles sont peu trempées ; elles se cassent, si la trempe est trop dure. Il faut vivement souhaiter que l'industrie française se réveille, et nous offre des outils meilleurs.

ALÉSOIRS

Les molettes des coupe-tubes refoulent le métal, surtout quand elles commencent à s'émousser, et ne font pas des coupures franches. Il est nécessaire de rafraîchir les bords avant de fileter. Pour l'extérieur, c'est chose facile, et quelques coups de lime font vite le nécessaire. Pour l'intérieur, on enlève les bavures avec un outil conique, qu'on appelle un alésoir (fig. 632). Cet outil se manœuvre dans une monture spéciale, qui prend et serre le carré par lequel il est terminé, et qu'on appelle un tourne-

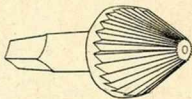


FIG. 632.

à-gauche. Les tourne-à-gauche se font, soit avec des carrés de dimensions



FIG. 633.

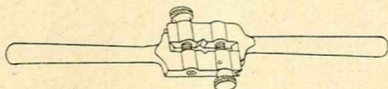


FIG. 634.

fixes (*fig. 633*), soit avec des carrés de dimensions réglables (*fig. 634*), pour qu'un même outil puisse servir à plusieurs alésoirs.

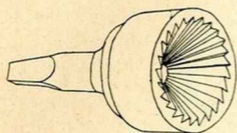


FIG. 635.

Quelquefois on préfère ébarber l'extérieur des tubes avec un alésoir plutôt qu'à la lime ; cet appareil (*fig. 635*) a, en outre, l'avantage de préparer une entrée plus facile pour le travail ultérieur de la filière, en amincissant en tronc de cône régulier l'extrémité du tuyau en fer.

régulier l'extrémité du tuyau en fer.

CINTRAGE DES TUYAUX

Les tubes peuvent se cintrer à froid pour les petits diamètres, et à chaud pour les diamètres de 33/42 et au dessus. Jusqu'à 50/60, les monteurs habiles cintrant les tubes sans les remplir : au dessus, sauf pour des rayons de courbure peu prononcés, on est obligé de les remplir de sable fin bien sec, et de les marteler, en les cintrant progressivement, pour les empêcher de se déformer et de s'aplatir.

On emploie quelquefois des outils permettant de faire plus facilement les cintrages pour des rayons de courbure bien déterminés.

L'appareil de la figure 636 est un de ces outils. Il se compose d'un quart de cercle en fonte, dans lequel est creusée une rainure demi-cylindrique, destinée à conserver au tube sa forme

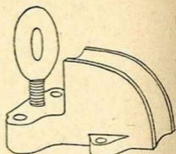


FIG. 636.

pendant le cintrage, et d'un anneau, qui maintient une extrémité pendant le travail. L'ensemble se fixe à l'extrémité de l'établi, et facilite la besogne dans une certaine mesure.

L'appareil de la figure 637 donne un travail meilleur et plus facile, le tube étant guidé sur une longueur assez grande par une planchette en fer, munie de rouleaux, et articulée avec l'axe d'un cercle en fonte, dans lequel est creusée une cannelure demi-cylindrique.

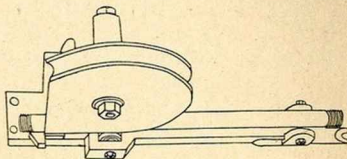


FIG. 637.

Nous devons une mention toute spéciale à l'appareil le *Centaure* (fig. 638), dans lequel le tuyau à cintrer est accompagné, non seulement par la cannelure dans le cercle en fonte, qui guide du côté du rayon de cintrage, mais encore

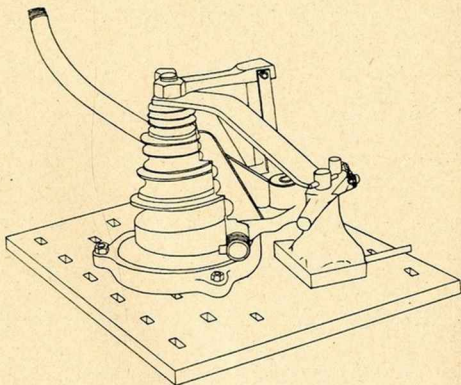


FIG. 638.

par deux mâchoires à cannelures semblables, l'une fixe, du côté du serrage, l'autre mobile, et qui accompagne le levier dans ses déplacements, le cintrage se faisant par à-coups successifs, et en quelques minutes.

Cette machine est très simple, très pratique. Un homme seul peut cintrer à froid les tubes jusqu'à 33/42, et les tubes plus gros, après une seule chauffe au rouge sombre. La machine peut cintrer suivant des rayons très courts, et faire des cintrages successifs sur le même tube, dans toutes les directions possibles.

FILETAGE DES TUYAUX

Les tuyaux étant coupés et cintrés, comme nous venons de le dire, il faut maintenant fileter les extrémités, pour les assembler dans les pièces de raccord. Ce travail se fait, les tubes étant maintenus dans l'étau précédemment décrit, au moyen de filières.

Il existe trois types principaux de filières : celles à coussinets fixes, d'une seule pièce, celles à coussinets ajustables en deux parties, enfin les filières à couteaux, dans lesquelles les coussinets sont en quatre pièces, ajustables et réglables dans une monture.

Les filières à coussinets fixes (*fig. 639*) sont composées de quatre parties : le coussinet, la monture, le guide, et les leviers de manœuvre.

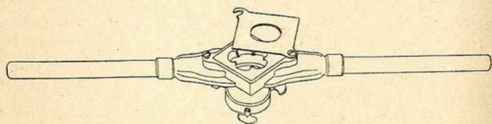


FIG. 639.

La monture est généralement en fonte malléable, et comprend une cage carrée, fermée par un couvercle mobile, pour recevoir le coussinet, et des embases à vis de pression, pour deux ou quatre leviers de manœuvre.

Ces leviers sont généralement des tubes en fer.

Le guide est placé sous la monture. C'est un cylindre d'une certaine longueur, dans lequel on enfle le tube, avec trois vis pénétrant dans l'intérieur, pour maintenir ce tube bien au centre pendant l'opération de filetage.

Les coussinets, qu'on appelle quelquefois des lunettes, sont des blocs d'acier carrés, et assez épais, évidés au centre, et dans lesquels sont creusées quatre séries de filets, trempés très durs, qui tailleront les tubes au pas de vis demandé (*fig. 640*).

Pour les grosses filières, ces filets ou peignes, ne sont pas taillés dans la