



3° **ULTIMHEAT** comblerait de l'huile des cylindres si la vapeur se dilate trop rapidement dans une machine, de la graisse des presse-étoupes, de la rouille, etc.; il faut placer un filtre en avant;

4° Il faut enfin un ou plusieurs indicateurs de vide, un détendeur si on mélange de la vapeur d'échappement avec de la vapeur vierge, etc., etc.

Nous allons étudier quelques-uns de ces organes.

PURGEUR SPÉCIAL.

La disposition la plus généralement adoptée en Amérique est celle d'un purgeur à dilatation, auquel on donne le nom de *valve thermostatique*.

Par exemple, figure 70, nous montrons le schéma de la valve thermostatique Webster, l'une de celles qui ont reçu les plus anciennes applications.

Elle se compose d'un corps principal en bronze, dans lequel sont placées les tubulures A et B d'arrivée et de départ, et le passage C. La partie supérieure est munie d'un bouchon vissé D pour la visite, et la partie inférieure, et la partie inférieure, supporte un cylindre perforé à trous très fins destiné à former filtre et à arrêter les impuretés, et un

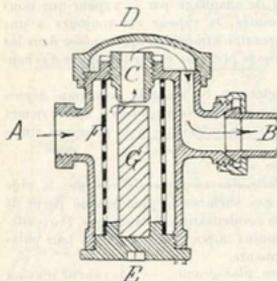


Fig. 70. — Valve thermostatique pour évacuation d'air.

cylindre G, en composition dilatable, qui se place face au passage C, qu'il peut obstruer s'il est dilaté.

Le principe est facile à comprendre. Tout d'abord à la mise en route, lorsque la pompe aspire l'air, le cylindre G est contracté et laisse ouvert le passage C; aussitôt que la vapeur arrive, le cylindre G se dilate et ferme le passage C. En marche normale, l'appareil étant rempli par l'eau de condensation, il s'établit un état d'équilibre, le passage G étant juste ouvert de la quantité nécessaire pour ne laisser passer que de l'eau, et pas du tout de vapeur.

C'est là évidemment le point délicat et critique du système, qui dépend entièrement du fonctionnement de la valve thermostatique, de même que les chauffages à vapeur à haute et moyenne pression dépendent du fonctionnement d'un purgeur automatique d'eau condensée.

Tous les systèmes américains et anglais reposent sur un principe identique, et ne diffèrent que par la disposition de la valve thermostatique, chaque système étant caractérisé par son type de valve.

En Angleterre, M. Rob. E. Atkinson est l'ingénieuse idée de faire agir la dilatation de l'organe de sa valve sur l'entrée de vapeur, au lieu de la faire agir sur l'évacuation d'eau condensée.

La figure 71 montre la valve thermostatique Atkinson, que son inventeur a baptisée *valve Navacuumette*; ee, représentent les éléments d'un radiateur, à la partie inférieure duquel est placé le système dilatable.

Ce système se compose de deux cylindres concentriques, en deux métaux ayant un coefficient de dilatation différent, par exemple du fer et du cuivre. Le cylindre extérieur d, en cuivre, a l'une de ses extrémités fileté dans le corps du robinet, c'est-à-dire fixe, et l'autre extrémité libre. Le cylindre ou tige intérieure est fixé dans l'extrémité libre du cylindre d, et son autre extré-

mité porte un clapet qui vient obturer plus ou moins une arrivée de vapeur a.

La vapeur, après son passage dans l'orifice a, traverse une seconde ouverture, fermée à volonté par un clapet b, commandé par une béquille ou un volant, à la disposition de la personne qui a charge du chauffage.

Tant que le fond du radiateur est rempli d'air ou d'eau, le

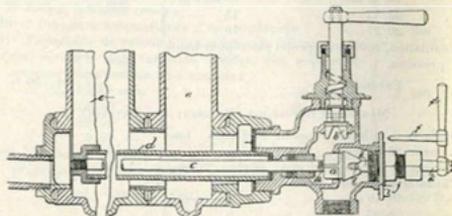


Fig. 71. — Dispositif Atkinson par la vapeur à pression inférieure à la pression atmosphérique.

cylindre d est contracté, et la tige c laisse ouvert le passage de vapeur a. Au contraire, si toute l'eau est évacuée, la vapeur arrive au contact du cylindre d et le dilate. Ce cylindre, en s'allongeant, entraîne la tige c, moins dilatable, et qui ferme l'entrée de vapeur.

Le clapet a est vissé en m sur la tige c, et un dispositif f', muni d'un index f qui se déplace sur un cadran j, permet, par la tige k, et la gouille l, de régler une fois pour toutes la position du clapet a, pour qu'il ne passe jamais plus de vapeur que le radiateur n'en peut condenser.

Comme dans les chauffages par la vapeur à basse pression, on fait ce réglage en ouvrant en grand la valve b et en vérifiant, avec la main posée sur le tuyau de retour, qu'il ne passe pas de vapeur dans ce tuyau, et que seule l'eau condensée sort du radiateur.

Des valves analogues se placent sur les canalisations aux branchements des colonnes verticales, pour purger les conduites de l'eau qui s'est condensée en route, absolument comme nous la purgeons par des siphons dans les chauffages par la vapeur à basse pression.

RÉGULATEURS DE VIDE (Differential pressure controlling Valves).

Dans les installations à très longs réseaux de canalisations, il est quelquefois nécessaire d'installer des appareils régularisant le vide, de manière que l'action de l'aspiration ne se fasse pas davantage sentir sur les surfaces de chauffe les plus rapprochées, que dans les plus éloignées, en un mot que le vide soit sensiblement équivalent dans tout le réseau.

On intercale sur les conduites de retour des appareils que l'on nomme *vacuum governors*, ou *differential pressure controlling valves*, et que nous appellerons, faute de terme plus approprié, *régulateurs de vide*.

La figure 72 montre un de ces appareils, très analogue à un détendeur commandé par une membrane équilibrée par un contrepoids.

Cet appareil est intercalé sur la conduite de retour, et l'eau traverse deux orifices superposés, dont l'ouverture est commandée par une tige, solidaire d'une membrane placée dans une lentille à

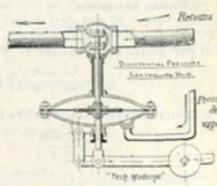


Fig. 72. — Régulateur de vide.



la partie basse. L'action du vide se fait sentir sur cette membrane, et un contrepoids, mobile sur un levier, équilibre l'ouverture de la soupape double. Le réglage est fait pour un vide équivalent dans toutes les conduites.

D'autre part, l'autre face de la membrane reçoit l'action de la vapeur, agissant sur de l'eau placée dans la partie inférieure de la lentille.

Si le vide n'est pas celui demandé, l'équilibre est détruit dans les deux demi-lentilles, la membrane se déforme d'un côté ou de l'autre, augmentant ou diminuant les passages, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli.

Bien entendu ce dispositif n'est utile que dans les installations importantes.

Quant nous étudierons le chauffage de l'usine type nous admettrons, bien que ce ne soit pas indispensable, un de ces régulateurs sur chaque circuit, usine, bâtiment d'administration, magasins, lavabos, réfectoire.

FILTRES.

Les tuyauteries de chauffage contiennent toujours beaucoup d'impuretés, rouille, déchets de garnitures de presse-étoupe ou

il nécessite un chauffeur un peu mécanicien pour conduire la pompe, vérifier les appareils, détendeurs, manomètres, indicateurs de vide, filtres, valves thermostatiques.

Il permet de prévoir des vitesses de passage très grandes, 70 à 80 m. et plus par seconde dans les tuyauteries, d'où une certaine économie d'installation, d'autant plus importante que le réseau de tuyauteries est plus étendu; il permet aussi de diminuer les surfaces de chauffe, qui, presque complètement privées d'air, ont un meilleur coefficient de transmission.

Mais il est surtout extrêmement intéressant quand on veut transporter à de très grandes distances la vapeur d'échappement des machines à vapeur, car, en supprimant complètement la compression à la sortie du cylindre, il met le moteur dans des conditions particulièrement favorables.

Nous avons personnellement vu en Angleterre l'utilisation de la vapeur d'échappement d'une station électrique, dans un réseau de chauffage représentant au moins 10 km. de tuyauteries, le bâtiment le plus éloigné étant à plus de 2 km. de l'usine génératrice.

Avant d'aborder le chauffage de l'usine type par ce procédé, nous donnons dans le tableau ci-dessous les constantes qui nous serviront de bases.

DEGRÉS de vide en centimètres de mercure	TENSIONS ABSOLUES DE LA VAPEUR			TEMPÉRATURES correspondantes	CHALEUR EN CALORIES contenue dans 1 kg.		VOLUME de 1 kg. de vapeur en mètres cubes	CALCUL DE LA TRANSMISSION d'un mètre carré de surface de chauffe contenant la vapeur et placé dans une enceinte à 15°		
	en centimètres de mercure	en atmosphères de 760 mm. de mercure ou de 10 ³ 334 de colonne d'eau	en kilogram par centimètre carré		Chaleur contenue dans le liquide = q	Chaleur latente de vaporisation = ρ + Apu		Différence de température entre la vapeur et l'air	Calories transmises par mètre carré de surface lisse	Calories transmises par mètre carré de surface à ailettes
0°	76,0	1	1,0334	100°	100,000	536,5	1 ^m ,650	85°	972	594
7,6	68,4	0,9	0,93	97,1	97,543	538,567	1,822	82,1	939	574
15,2	60,8	0,8	0,8267	93,9	94,304	540,829	2,036	78,9	903	552
22,8	53,2	0,7	0,7234	90,3	90,704	543,354	2,309	75,3	861	526
30,4	45,6	0,6	0,6200	86,3	86,662	546,166	2,670	71,3	816	499
38,0	38,0	0,5	0,5167	81,7	82,017	549,004	3,170	66,7	763	466
45,6	30,4	0,4	0,4133	76,3	76,499	551,257	3,915	61,3	701	428

de flasse, céruse, minium, etc., graisse des presse-étoupe, graisse des cylindres si on emploie la vapeur d'échappement, etc.

Il faut prendre le plus grand soin de ne pas laisser entrer ces impuretés dans la pompe, où elles auraient l'effet le plus néfaste, encombrant les clapets, rayant les cylindres, etc.

L'huile contenue dans la vapeur d'échappement est extraite dans un séparateur d'huile, comme nous l'avons dit au chapitre du chauffage par la vapeur d'échappement.

Quant aux impuretés matérielles, on les arrête dans un filtre placé en avant de la pompe, et composé d'une série de toiles métalliques à mailles de plus en plus fines, placées dans une caisse en fonte. Pour une grande installation on a soin de mettre deux filtres, dont un de rechange, de manière à pouvoir nettoyer au moins une fois par semaine le filtre, sans arrêter le chauffage.

APPAREILS DIVERS.

Nous ne dirons rien des appareils divers, détendeurs, indicateurs de vide, manomètre, etc., etc., qui n'ont rien de spécial, et sont ceux déjà décrits dans nos chapitres précédents.

En terminant, nous dirons que ce système de chauffage est principalement intéressant pour les installations importantes, car

On comprend, d'après ce tableau, que si on condense 1 kg de vapeur à la tension de 380 mm. de mercure, c'est-à-dire sous un vide de 1/2 atmosphère, et si on évacue par une pompe à vide l'eau de condensation à la température correspondante, soit à 81° 7, chaque kilogramme de vapeur abandonnera au chauffage 549,40 calories, c'est-à-dire la même quantité de calories que la vapeur à 2^e 5 au-dessus de l'atmosphère, dont l'eau de condensation serait évacuée à la pression atmosphérique, dans le chauffage par la vapeur vive.

Dans le système Atkinson, que nous appliquerons au chauffage de l'usine type, on marche à un vide variant de 25 à 45 cm. de mercure.

Chauffage de l'usine type par la vapeur à une pression égale ou inférieure à la pression atmosphérique.

Nous supposons que le matin à la mise en régime, et toute la journée au moment du froid maximum prévu, on fait marcher le chauffage au maximum du vide, soit à 45 cm. de mercure à l'indicateur de vide, ou 0,4 atmosphère absolue.

Le tableau ci-après, établi en supposant la réutilisation de la vapeur d'échappement, résume le calcul :



	GRAND ATELIER	MAGASINS D'EXPOSITION		RÉFECTOIRE	LAVABOS	HALL BUREAUX
		Bâtiment d'Administra- tion	Bâtiment des Lavabos			
Calories à fournir par heure . . .	559.900	35.915	25.735	13.825	54.805	174.165
Calories transmises par kg. de vapeur :						
Vide 0,4 atmosphère . . .	553,25	"	"	"	"	"
Vide 0,7 atmosphère . . .	543,31	"	"	"	"	"
Poids de vapeur à 0,4 atmosphère . . .	8139,2	639,1	568,5	219,9	99 kg.	3154,3
Volume de vapeur à 0,4 atmosphère . . .	3.184 m ³	217 m ³	182 m ³	97 m ³	387 m ³	1.231 m ³
— — — — — par seconde . . .	0 m ³ ,8844	0 m ³ ,0686	0 m ³ ,0505	0 m ³ ,0270	0 m ³ ,1076	0 m ³ ,3528
Section du tuyau principal, vitesse 100 m. par seconde . . .	0,000884	0,000886	0,000505	0,00027	0,001076	0,003528
Diamètre correspondant théorique . . .	107 mm.	29 mm,5	25 mm,4	18 mm,5	37 mm,1	66 mm,1
— — — — — pratique . . .	110/120	33/42	26/34	20/27	40/49	70/80
Volume d'eau condensée par heure . . .	0 m ³ ,8133	0 m ³ ,0631	0 m ³ ,0465	0 m ³ ,0219	0 m ³ ,099	0 m ³ ,315
— — — — — par seconde . . .	0 m ³ ,000259	0 m ³ ,0000175	0 m ³ ,0000129	0 m ³ ,0000069	0 m ³ ,0000275	0 m ³ ,0000875
Section du tuyau principal, vitesse 90,50 (1) . . .	0 m ³ ,00045180	0 m ³ ,0000350	0 m ³ ,0000258	0 m ³ ,0000138	0 m ³ ,000055	0 m ³ ,0001750
Diamètre correspondant théorique . . .	24 mm.	6 mm,7	5 mm,8	4 mm,2	8 mm,4	15 mm.
Tuyau à employer en pratique (1) . . .	50/59	15/21	15/21	15/21	20/27	26/34
Surfaces de chauffe :						
A lailes, 428 calories par mètre carré . . .	1.051 m ²	81 m ² ,6	60 m ² ,1	32 m ² ,3	128 m ²	248 m ² ,90
Radiateurs, 701 — — — — —	"	"	"	"	"	"

GRAND ATELIER.

La figure 73 montre le schéma de l'installation. Nous créons 3 circuits de surfaces à ailettes ayant respectivement 170 m., 70 m., et 222 m. de développement, soit ensemble 562 m. de tuyaux à ailettes, de 1 m³,80 de surface de chauffe au mètre cou-

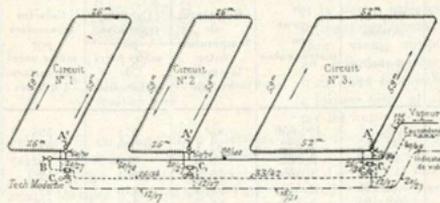


FIG. 73. — Schéma de chauffage de l'usine type par la vapeur à pression inférieure à la pression atmosphérique. (Grand Atelier.)

rant. Chaque circuit commence et finit à une valve Nuvaucunnette A, de 70 mm, A₁ et A₂ de chacune 60 mm. B est une valve analogue purgeant la conduite de vapeur, C, C₁, C₂ sont des régulateurs de vide de 20 mm, intercalés chacun sur le branchements de retour, et raccordés à la pompe par un tuyau de 12/17.

Les circuits sont donc disposés en élévation, suspendus sous des pannes, et le circuit n° 1 a un développement plus important, pour échapper la partie de l'atelier dans laquelle circule le pont roulant. Les coudes d'extrémités sont constitués par des boucles de dilataion.

Le devis de cette partie se résume comme suit :

281 tuyaux à ailettes n° 2 de 2 mètres de long . . .	7.025 fr.
180 joints, boulons d'assemblage . . .	325 "
260 supports à rouleaux permettant la dilataion . . .	1.300 "
12 boucles d'expansion en cuivre rouge . . .	950 "
1 valves Nuvaucunnette (compris droits de brevet) . . .	660 "
1 purge Nuvaucunnette . . .	60 "
1 régulateurs de vide de 20 mm . . .	300 "
A reporter . . .	10.620 fr.

(1) La vitesse théorique $v = \sqrt{2gh}$ pour $h = 1/2$ at. = 5 mètres de hauteur d'eau serait 99,90; la vitesse calculée 90,50, soit 20 fois moindre, tient donc compte largement des pertes de charges.
 (2) Les tuyaux de retour prévus ont 3 à 4 fois la section calculée, ce qui réduit encore la vitesse à 0 m³,17 à 0 m³,2.

Canalisation :	Report . . .	
vapeur 110/120 mm. . .	15 mètres.	40.620 fr.
— — — 90/100 mm. . .	78 —	
— — — 70/80 mm. . .	11 —	
— — — 60/70 mm. . .	56 —	
— — — purge 40/49 mm. . .	15 —	
— — — — — 33/42 mm. . .	78 —	4.500
— — — — — 26/34 mm. . .	57 —	
— — — — — 20/27 mm. . .	5 —	
— — — vide 20/27 mm. . .	15 —	
— — — — — 15/21 mm. . .	78 —	
— — — — — 12/17 mm. . .	52 —	
1 joint d'expansion 110/120 mm. . .		250
— — — 90/100 mm. . .		
— — — 60/70 mm. . .		
Ventilation, comme au projet par la vapeur à basse pression 1.000 + 1.800 . . .		2.800
Total : Grand Atelier . . .		18.100 fr.

MAGASINS D'EXPOSITION. LAVABOS. RÉFECTOIRE.

La disposition sera identique à celle prévue pour la vapeur d'échappement (fig. 74).

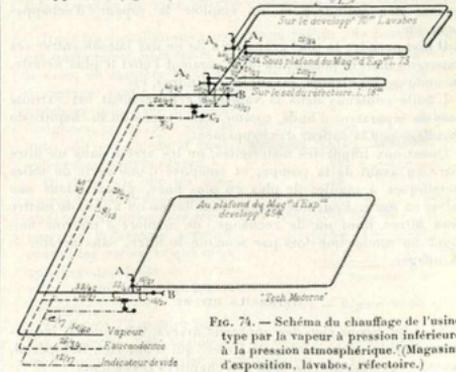


FIG. 74. — Schéma du chauffage de l'usine type par la vapeur à pression inférieure à la pression atmosphérique. (Magasins d'exposition, lavabos, réfectoire.)

Les surfaces de tuyaux à ailettes trouvées représentent, en tuyau de 1 m³,80 par mètre linéaire.



Pour le Magasin d'Exposition du Bâtiment d'Administration	45 mètres.	
— des Lavabos	33 —	
Pour le Réfectoire	18 —	
Pour les Lavabos	70 —	

Report. 9,780 fr.

MAGASIN D'EXPOSITION (Bâtiment d'administration).

Surfaces à ailettes de 1 ^m .80, 45 mètres.	1,125 fr.	
Robinet Nuvacuquette de 15 mm. A	55 —	
Purgeur Nuvacuquette B	30 —	
Régulateur de vide de 15 mm. C.	80 —	
Tuyauterie en fer :		
En 33/42 mm. 2 mètres.	} 40 "	
15/21 mm. 2 —		
8/13 mm. 2 —		
Ventilation, comme au projet par la vapeur d'échappement	550 "	
Ensemble		1,870 fr.

Tuyauterie vapeur et purge :		
En 70/80 mm.	15 —	
60/70 mm.	15 —	
60/49 mm.	15 —	
33/42 mm.	20 —	
26/34 mm.	40 —	
20/27 mm.	70 —	
15/21 mm.	75 —	
12/17 mm.	385 —	6,900 "
8/13 mm.	380 —	

Tuyauterie de vide :		
En 15/21 mm.	25 mètres.	
12/17 mm.	50 —	
8/13 mm.	60 —	
Ensemble	1,150 mètres.	
Ventilation, comme au projet par la vapeur à basse pression		2,900 "
Total général		19,580 fr.

MAGASIN D'EXPOSITION (Bâtiment des lavabos).

Surfaces à ailettes de 1 ^m .80, 33 mètres.	825 fr.	
Robinet Nuvacuquette A.	55 —	
Purgeur Nuvacuquette B	30 —	
Régulateur de vide C (servant aussi pour le Réfectoire et le Lavabo)	80 —	
Tuyauterie en fer :		
En 26/34 mm. 35 mètres.	} 225 "	
15/21 mm. 1 —		
12/17 mm. 1 —		
Ventilation, comme au projet par la vapeur d'échappement	325 "	
Ensemble		1,530 fr.

Chaufferie :		
1 détenteur pour la vapeur vierge	500 fr.	
1 séparateur d'huile pour la vapeur d'échappement	500 —	
1 pompe à action directe.	1,500 —	
Manomètres, indicateurs de vide, filtres	150 —	
Tuyauteries de raccordement, diverses	450 —	
Total		2,900 fr.

Le chauffage total coûtera donc :

Chaufferie.	2,900 fr.
Grand Atelier	18,100 "
Magasins d'Exposition, Lavabos, Réfectoire	8,525 "
Hall et Bureaux (Bâtiment d'Administration)	19,580 "
Total.	49,105 fr.

RÉFECTOIRE ET LAVABOS.

Surfaces à ailettes de 1 ^m .80, 18 + 70 = 88 m.	2,200 fr.	
2 robinets Nuvacuquette A, et A ₁ .	100 —	
Tuyauterie en fer :		
En 60/59 mm. 72 mètres.	} 745 "	
20/27 mm. 20 —		
15/21 mm. 1 —		
Ventilation, comme au projet par la vapeur à basse pression	820 "	
Ensemble		3,865 fr.
Canalisations communes :		
En 50/60 mm. 15 mètres.	} 1,260 "	
40/49 mm. 50 —		
33/42 mm. 5 —		
26/34 mm. 15 —		
20/27 mm. 50 —		
15/21 mm. 5 —		
12/17 mm. 15 —		
8/13 mm. 55 —		
Total général.		8,525 fr.

Soit, en chiffres ronds : 49.000 francs, ou, par mètre cube chauffé :

$$\frac{49,000}{89,770} = 0 \text{ fr. } 545.$$

et par calorie-heure à transmettre :

$$\frac{49,000}{753,645} = 0 \text{ fr. } 065.$$

Quant à la dépense de fonctionnement, elle sera évidemment à peu près nulle pendant l'utilisation de la vapeur d'échappement, puisque la machine motrice marchera absolument comme si elle était à condensation.

On peut donc dire qu'elle se résumera à la mise en route du matin par la vapeur vive, soit en charbon : 437 kg. à 30 francs la tonne :

$$437 \times 0,30 = 13 \text{ fr. } 11.$$

ou 14 francs, en y ajoutant le graissage de la pompe et des divers organes.

Ce qui représente, par mètre cube chauffé et par jour :

$$\frac{14}{89,770} = 0 \text{ fr. } 000156.$$

et par calorie-heure utile et par jour :

$$\frac{14}{753,645} = 0 \text{ fr. } 0000185.$$

CHAPITRE XIV

CHAUFFAGE PAR L'EAU CHAUDE A BASSE PRESSION

On sait que l'eau à son maximum de densité à +4°. A cette température 1 dm³ d'eau pèse 1 kg.

Quand on chauffe l'eau, son volume augmente, par suite sa densité diminue.

BATIMENT D'ADMINISTRATION.

La disposition sera identique à celle prévue au chauffage par la vapeur à basse pression.

Les 70 radiateurs auront une surface de 250 m² (calcul 248^m.90).

Ils seront alimentés par des valves Nuvacuquette de 12/17, et leurs tuyauteries de purge seront en 8/13.

Il y aura aux extrémités 2 purgeurs Nuvacuquette.

Il y aura 4 régulateurs de vide de 15 mm.

Le devis s'établira comme suit :

70 radiateurs surface 250 mètres carrés.	6,250 fr.
70 valves Nuvacuquette	3,150 "
2 purgeurs Nuvacuquette	60 "
4 régulateurs de vide de 15 mm.	320 "

A reporter. 9,780 fr.



La densité ρ n'est pas constante de 0 à 100°, elle varie suivant une progression tout à fait régulière, qui ne peut être précisée exactement par aucune formule.

Planat a proposé, cependant, une formule assez simple :

$$d = 1,0086 - 0,0005 t.$$

qui, sans être tout à fait correcte, donne une appréciation suffisamment exacte jusqu'à la 4^e décimale pour qu'on puisse s'en servir dans les calculs de chauffage.

Considérons un circuit simple, composé d'une chaudière A, d'une conduite ascendante AB, d'un radiateur, et d'une conduite descendante CD (fig. 75).

Dans la chaudière A, on chauffe l'eau; sa densité diminue, et, en vertu du principe d'équilibre hydrostatique l'eau chaude tend à monter à la partie haute; il s'établit de A vers B un courant ascendant, et la température au point B tend à devenir égale à celle existante au point A. On peut donc dire qu'il existe dans la colonne AB, de hauteur H, une température moyenne t' , à laquelle correspond une densité moyenne d' , de telle sorte que $H \times d'$ représente le poids de la colonne II.

Dans le radiateur BC, la température de l'eau s'abaisse, puisque ce radiateur transmet la chaleur de l'eau un local qui l'a pour mission de chauffer.

L'eau, en se refroidissant, devient plus lourde, tend à descendre, et il se crée dans la colonne CD un courant descendant, équivalent à celui qui s'établit en montant dans la colonne AB.

On peut dire qu'il existe dans la colonne CD une température moyenne t , plus basse que t' , correspondant à une densité d ,

plus grande que d' et, la hauteur H étant la même, $H \times d$ représente le poids de la colonne CD.

La différence H ($d - d'$) constitue ce qu'on appelle la charge du système.

En réalité, la colonne refroidie CD agit comme une pompe, qui aspirerait l'eau de la colonne AB de A vers B, avec une puissance d'aspiration H ($d - d'$).

On peut dire encore que la vitesse de circulation théorique est égale à la vitesse que prendrait un corps de poids $d - d'$, tombant d'une hauteur H.

Cette vitesse aurait comme expression :

$$v' = \sqrt{2gH(d-d')}.$$

Mais cette vitesse v' est réduite par les frottements dans les tuyauteries, et, en réalité, la vitesse sera seulement :

$$v = A\sqrt{2gH(d-d')}.$$

A étant un coefficient de frottement que nous allons étudier.

Remarquons de suite que cette vitesse est fonction de la hauteur H, et de la différence de température $d - d'$.

On a donc intérêt :

1° A prendre cette hauteur H aussi grande que possible, en montant de suite à un réservoir d'expansion placé au point haut du bâtiment, et à redescendre ensuite sur les appareils;

2° A conserver la température t' aussi grande que possible, de manière à ce que d' soit aussi petit que possible, et que le coefficient $d - d'$ soit plus important.

Notre but étant d'indiquer une méthode de travail dans ses grandes lignes, nous n'entrerons pas dans les détails des formules assez compliquées qui régissent les calculs de chauffage à eau chaude, et nous montrerons seulement la méthode rapide qui permet de les comprendre, et de vérifier *grosso modo* si les résultats sont vraisemblables quand un calcul a été fait.

TABLEAU DES COEFFICIENTS

COEFFICIENTS POUR LES DIAMÈTRES DE TUYAUX EN FER.

LONGUEURS des conduites en mètres	COEFFICIENTS POUR LES DIAMÈTRES DE TUYAUX EN FER.												
	15	20	26	33	40	50	60	62	66	72	80	90	102
1	0,460	0,532	0,606	0,681	0,752	0,814	0,918	0,931	0,965	1	1,060	1,128	1,200
2	0,325	0,376	0,429	0,484	0,532	0,592	0,649	0,660	0,684	0,740	0,750	0,798	0,819
3	0,266	0,306	0,349	0,395	0,434	0,485	0,530	0,550	0,558	0,580	0,613	0,651	0,690
4	0,232	0,266	0,303	0,340	0,376	0,419	0,458	0,466	0,484	0,503	0,530	0,564	0,600
5	0,206	0,238	0,271	0,305	0,336	0,374	0,410	0,416	0,431	0,450	0,474	0,504	0,535
6	0,188	0,218	0,248	0,286	0,308	0,344	0,375	0,382	0,405	0,423	0,445	0,462	0,503
7	0,172	0,201	0,229	0,260	0,286	0,318	0,348	0,355	0,368	0,383	0,404	0,429	0,455
8	0,163	0,188	0,214	0,240	0,264	0,294	0,321	0,327	0,339	0,353	0,372	0,396	0,420
9	0,153	0,177	0,201	0,226	0,250	0,278	0,305	0,310	0,321	0,334	0,352	0,375	0,397
10	0,146	0,168	0,192	0,216	0,238	0,265	0,290	0,295	0,305	0,318	0,335	0,357	0,378
15	0,119	0,138	0,157	0,183	0,202	0,225	0,246	0,250	0,259	0,270	0,285	0,303	0,321
20	0,103	0,119	0,136	0,152	0,168	0,187	0,204	0,208	0,215	0,224	0,236	0,252	0,267
25	0,092	0,107	0,121	0,136	0,150	0,167	0,182	0,186	0,192	0,200	0,211	0,225	0,238
30	0,084	0,097	0,109	0,125	0,138	0,152	0,168	0,171	0,177	0,184	0,195	0,207	0,219
35	0,077	0,090	0,103	0,116	0,128	0,142	0,156	0,159	0,164	0,171	0,180	0,192	0,204
40	0,073	0,084	0,096	0,107	0,118	0,132	0,144	0,146	0,151	0,158	0,168	0,177	0,188
45	0,068	0,079	0,090	0,102	0,112	0,124	0,136	0,139	0,144	0,149	0,158	0,168	0,178
50	0,065	0,075	0,086	0,096	0,106	0,118	0,129	0,131	0,136	0,142	0,149	0,159	0,168
60	0,059	0,068	0,078	0,089	0,099	0,109	0,119	0,121	0,126	0,131	0,138	0,147	0,156
70	0,055	0,064	0,072	0,083	0,092	0,102	0,112	0,114	0,118	0,123	0,130	0,138	0,146
80	0,051	0,059	0,068	0,076	0,084	0,093	0,102	0,104	0,108	0,112	0,118	0,126	0,133
90	0,050	0,056	0,064	0,072	0,080	0,089	0,097	0,099	0,103	0,107	0,113	0,120	0,127
100	0,049	0,053	0,061	0,069	0,076	0,085	0,092	0,094	0,098	0,101	0,107	0,114	0,121
125	0,044	0,050	0,055	0,062	0,068	0,076	0,083	0,084	0,087	0,091	0,096	0,102	0,108
150	0,038	0,043	0,050	0,056	0,062	0,069	0,075	0,077	0,079	0,083	0,087	0,093	0,099
200	0,033	0,038	0,043	0,049	0,054	0,060	0,066	0,067	0,069	0,072	0,076	0,081	0,086
250	0,029	0,034	0,039	0,044	0,048	0,053	0,058	0,059	0,061	0,064	0,069	0,072	0,076
300	0,027	0,031	0,035	0,040	0,044	0,049	0,053	0,054	0,056	0,059	0,062	0,066	0,070



Poisons en principe que, dans notre chauffage, l'eau partira de la chaudière vers 95°, arrivera aux radiateurs à 85°, en sortira à 65°, rentrera à la chaudière à 55°, pour être chauffée à nouveau, et ainsi de suite.

Dans la colonne ascendante, la température moyenne sera $\frac{95+85}{2}$, soit 90°, et la densité approximative :

$$d' = 1,0086 - 0,0005 t = 0,96360.$$

Dans le radiateur, la température baissera de 85 à 65°, c'est-à-dire que chaque kilogramme d'eau transmettra 20 calories à l'air du local à chauffer.

Dans la colonne descendante, la température moyenne sera :

$$\frac{65+55}{2} = 60°.$$

et la densité approximative :

$$d = 1,0086 - 0,0005 t = 0,97860.$$

La charge H (d-d') sera donc :

$$H (0,97860 - 0,96360) = 0,0150 H (1).$$

La vitesse pourra s'écrire :

$$v = A \sqrt{2gH(d-d')} = A \sqrt{2 \times 9,8088 \times 0,0150 H} = A (0,543 \sqrt{H}).$$

C'est la formule qu'admet Planat dans sa théorie; peut-être n'est-elle pas très exacte, mais il importe peu pour notre démonstration.

Reste à calculer le coefficient A.

Il ne s'agit là que d'un problème d'hydraulique, et de nombreux ingénieurs ont proposé des formules à ce sujet, depuis Prony en 1804, Darcy en 1802, Reynold en 1882, Thrupp Robinson en 1887, enfin Flament en 1892.

Nous choisirons ici la formule de Darcy, parce qu'elle est la

plus simple, bien qu'elle ne soit pas très exacte pour les petits diamètres au-dessous de 50 mm., et qu'en réalité, en fait, il faut, beaucoup plus précise, doit lui être préférée.

Mais la formule de Flament fait intervenir un coefficient de perte de charge :

$$J = 0,00140 \frac{\sqrt{Q}}{D^{5/2}}$$

qui nous entraînerait dans les calculs logarithmiques, tandis que la formule de Darcy ne va pas plus loin que le second degré; nous nous en contenterons ici.

Prony avait proposé la formule :

$$\frac{DJ}{2} = b, v^4,$$

D, diamètre du tuyau;

J, perte de charge, ou rapport de la charge à la longueur;

b, coefficient;

v, carré de la vitesse.

Darcy, pour les tuyaux incrustés, comme le seront ceux de notre chauffage, a posé :

$$\frac{DJ}{4} = b, v^4,$$

et

$$b = 0,00057 + \frac{0,00001294}{D}.$$

Nous remarquerons tout d'abord :

1° Que :

$$J = \frac{H(d-d')}{L} = 0,015 \frac{H}{L};$$

2° Que les diamètres que nous emploierons en chauffage varie

réduction $3,76 \sqrt{\frac{D}{L}}$ (Voir page 58).

EAU, ACIER (DIAMÈTRES INTÉRIEURS EN MILLIMÈTRES)

	112	122	131	141	151	161	171	180	190	198	208	218	228	238
1,230	1,270	1,310	1,360	1,418	1,460	1,510	1,550	1,598	1,650	1,678	1,718	1,760	1,795	1,860
0,872	0,925	0,965	1,000	1,030	1,060	1,098	1,130	1,160	1,182	1,217	1,242	1,270	1,320	1,370
0,741	0,722	0,756	0,785	0,815	0,840	0,870	0,890	0,919	0,954	0,965	0,985	1,018	1,040	1,078
0,626	0,655	0,680	0,706	0,730	0,752	0,770	0,798	0,820	0,839	0,859	0,880	0,899	0,960	1,010
0,550	0,561	0,587	0,608	0,631	0,650	0,672	0,690	0,713	0,731	0,750	0,768	0,786	0,802	0,850
0,509	0,515	0,536	0,558	0,574	0,598	0,620	0,635	0,652	0,670	0,688	0,702	0,720	0,735	0,762
0,468	0,477	0,497	0,518	0,537	0,555	0,573	0,589	0,607	0,625	0,639	0,653	0,670	0,682	0,708
0,432	0,440	0,457	0,478	0,496	0,508	0,530	0,545	0,560	0,575	0,589	0,602	0,618	0,630	0,652
0,398	0,416	0,435	0,452	0,470	0,485	0,501	0,515	0,530	0,545	0,558	0,571	0,585	0,596	0,619
0,388	0,396	0,414	0,431	0,447	0,461	0,476	0,490	0,504	0,519	0,531	0,544	0,557	0,570	0,589
0,330	0,337	0,353	0,365	0,380	0,392	0,406	0,416	0,429	0,440	0,450	0,462	0,473	0,484	0,500
0,275	0,281	0,292	0,304	0,315	0,325	0,336	0,345	0,356	0,366	0,375	0,384	0,394	0,401	0,416
0,245	0,250	0,261	0,271	0,281	0,290	0,300	0,309	0,317	0,326	0,334	0,341	0,351	0,358	0,371
0,225	0,230	0,240	0,250	0,259	0,267	0,276	0,284	0,292	0,300	0,307	0,315	0,323	0,330	0,341
0,209	0,214	0,223	0,232	0,240	0,248	0,256	0,265	0,272	0,279	0,285	0,292	0,299	0,305	0,316
0,193	0,197	0,205	0,214	0,221	0,229	0,236	0,243	0,250	0,257	0,264	0,270	0,276	0,282	0,292
0,182	0,187	0,195	0,205	0,210	0,217	0,224	0,231	0,237	0,244	0,250	0,255	0,262	0,267	0,276
0,173	0,177	0,184	0,192	0,199	0,206	0,212	0,220	0,225	0,231	0,236	0,241	0,248	0,253	0,262
0,160	0,163	0,170	0,177	0,184	0,190	0,196	0,202	0,207	0,213	0,218	0,223	0,229	0,234	0,242
0,150	0,154	0,160	0,166	0,172	0,178	0,184	0,189	0,195	0,200	0,205	0,210	0,215	0,219	0,227
0,137	0,140	0,146	0,152	0,158	0,163	0,168	0,173	0,178	0,183	0,188	0,193	0,198	0,201	0,208
0,120	0,124	0,129	0,134	0,139	0,145	0,150	0,155	0,160	0,165	0,170	0,175	0,182	0,187	0,191
0,125	0,127	0,132	0,138	0,143	0,147	0,152	0,157	0,161	0,165	0,169	0,173	0,178	0,181	0,188
0,110	0,113	0,118	0,123	0,128	0,132	0,136	0,140	0,144	0,148	0,152	0,155	0,159	0,162	0,168
0,101	0,104	0,108	0,112	0,116	0,120	0,124	0,128	0,131	0,135	0,139	0,142	0,146	0,148	0,153
0,088	0,090	0,094	0,098	0,102	0,105	0,108	0,111	0,114	0,117	0,121	0,123	0,126	0,128	0,134
0,078	0,080	0,084	0,087	0,090	0,093	0,096	0,099	0,102	0,105	0,107	0,109	0,112	0,114	0,119
0,072	0,074	0,077	0,079	0,083	0,086	0,088	0,091	0,093	0,096	0,098	0,100	0,103	0,105	0,109



ron **ULTIMHEAT**, et que nous pouvons, puisque le terme $\frac{0,0001294}{L}$ est très faible, prendre une moyenne.

Admettons que cette moyenne s'entend pour le tuyau de 33 mm. (33/42); il nous suffira de serrer nos résultats pour les gros diamètres, et, au contraire, de compter largement pour les petits diamètres.

Pour 33 mm. :

$$b_1 = 0,000507 + \frac{0,00001294}{0,033} = 0,000899.$$

Nous écrirons maintenant notre formule :

$$\frac{D}{4} \times 0,015 \frac{H}{L} = 0,000899 v^4$$

ou

$$v^4 = \frac{0,015 D H}{4 \times 0,000899 L} = \frac{4,1713 D H}{L}$$

D'où :

$$v = \sqrt[4]{\frac{4,1713 D H}{L}} = 2,052 \sqrt{\frac{D H}{L}}$$

Or nous avons déjà :

$$v = (0,543 \sqrt{H}) A \dots (1).$$

Nous en déduisons :

$$A (0,543 \sqrt{H}) = 2,052 \sqrt{\frac{D H}{L}}$$

D'où :

$$A = 3,76 \sqrt{\frac{D}{L}} \dots (2).$$

Ces formules sont extrêmement simples ; elles nous suffiront largement pour nos calculs.

Pour simplifier, nous dresserons deux tableaux nous donnant immédiatement les résultats des formules (1) et (2) pour les constantes les plus ordinairement rencontrées dans la pratique :

TABLEAU DES VITESSES THÉORIQUES $v = 0,543 \sqrt{H}$.

H	V	H	V	H	V
0 ^m ,25	0,2715	6 m.	1,3301	16 m.	2,1720
0 ^m ,50	0,3839	6 ^m ,50	1,3844	18	2,3037
1 m.	0,543	7 m.	1,4366	20	2,4283
1 ^m ,50	0,665	7 ^m ,50	1,4871	22	2,5459
2 m.	0,7679	8 m.	1,5358	24	2,6602
2 ^m ,50	0,8585	8 ^m ,50	1,5831	26	2,7687
3 m.	0,9405	9 m.	1,629	28	2,8733
3 ^m ,50	1,0158	9 ^m ,50	1,6736	30	2,9741
4 m.	1,0860	10 m.	1,7171		
4 ^m ,50	1,1519	12	1,8810		
5 m.	1,2141	14	2,0317		

Examinons maintenant comment nous établirons le calcul d'un chauffage, par exemple celui de notre usine type.

Nous admettrons, bien que ce ne soit pas tout à fait rigoureux, et qu'une correction s'impose, que l'eau arrive et sort à la même température à tous nos radiateurs et tuyaux à basse pression.

Chauffage de l'usine type par l'eau chaude à basse pression.

Nous établissons tout d'abord le tableau de calculs (voir ci-dessous), en nous rappelant que nous avons admis que la température de l'eau est de 85° à l'entrée du radiateur, 65° à la sortie, avec une moyenne de 70°, et que chaque litre d'eau abandonne ainsi 20 calories.

Dans ces conditions :

1° Pour les locaux à 18° chauffés par radiateurs nous aurons :

Différence de température entre l'eau et l'air : 70 - 18 = 52°.

Calories transmises par mètre carré : 52 × 11,44 = 594,88 soit 595.

2° Pour les locaux à 15° :

Différence : 70 - 15 = 55°.

Calories transmises par mètre carré lisse : 55 × 11,44 = 629,2 soit 630

— à ailettes 367

CALCUL DES CHAUDIÈRES.

Le chiffre total des calories correspond à :

1° Surface de chaudières :

$$\frac{753,645}{10,000} = 75^{\text{m}^2},36$$

TABLEAU DE CALCULS DU CHAUFFAGE PAR L'EAU CHAUDE À BASSE PRESSION.

	GRAND ATELIER	MAGASINS D'EXPOSITION			RÉFECTOIRE	LAVABOS	HALL ET BUREAUX
		Bâtiment d'Adminis- tration	Bâtiment des Lavabos				
Calories à fournir par heure.	459.900	34.915	25.735	13.825	54.805	174.465	
Surfaces de chauffe :							
A ailettes, 367 calories par mètre carré.	810 m ²	82 m ²	62 m ²	37 ^m ,7	159 ^m ,50	"	
Radiateurs, 630 calories par mètre carré	250 m ²	7 ^m ,75	5 ^m ,15	"	"	277 m ²	
(tuyauteries)	(tuyauteries)	(tuyauteries)	(tuyauteries)	"	"	"	
Volume d'eau à faire circuler :							
Par heure $\frac{M}{20}$	22.495 litres	1.745 ^l ,75	1.286 ^l ,75	691 ^l ,25	2.740 ^l ,25	8.723 ^l ,25	
Par seconde	5 ^l ,415	0 ^l ,485	0 ^l ,358	0 ^l ,192	0 ^l ,762	2 ^l ,424	
Charge H (d - d')	0,06	0,048	0,048	0,06	0,06	"	
Vitesse théorique 0,543 √H	1,086	0,97	0,97	1,086	1,086	"	
Coefficient de réduction 3,76 √ $\frac{D}{L}$	0,117	0,101	0,09	0,085	0,093	0,245	
Vitesse réelle.	0,127	0,098	0,088	0,087	0,101	0,2744	
Section correspondante.	0,0412	0,0494	0,06385	0,0022	0,0075	0,008833	
Diamètre correspondant.	228/250	72/82	72/82	62/72	102/110	108/120	

1^{er} étage : 1.120
2^e étage : 1.383



Le croquis (fig. 81) montre la disposition d'ensemble, le calcul de la vitesse et du diamètre du tuyau.

La surface des tuyauteries lisses, de 72/82 est de 7^m,728 émettant :

$$7.728 \times 630 = 4,868 \text{ calories.}$$

Restent pour les tuyaux à ailettes :

$$35,915 - 4,868 = 30,047 \text{ calories.}$$

Soit :

$$\frac{30,047}{367} = 81^{\text{m}},90$$

ou $\frac{81,9}{1,8} = 45 \text{ m. de tuyaux à ailettes de } 1^{\text{m}},80.$

Le devis est résumé ci-dessous :

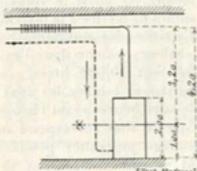


Fig. 80. — Calcul de la charge. (Magasins d'exposition.)

18 tuyaux à ailettes de 2 ^m ,50 de long, modèle n° 2.	630 fr.
4 brides d'extrémités, 16 joints et boulons	50 "
20 supports à scellements avec rouleaux.	100 "
1 robinet d'arrêt et réglage de 70 mm.	80 "
Tuyauterie en fer de 72/82, 30 mètres	450 "
15 colliers à scellements et à rouleaux	60 "
Ventilation : Comme au devis par la vapeur à basse pression.	550 "
Total	1,920 fr.

Magasin d'exposition (Bâtiment des lavabos).

La hauteur H est la même, soit 3^m,20; la charge est aussi la même, soit 0,97.

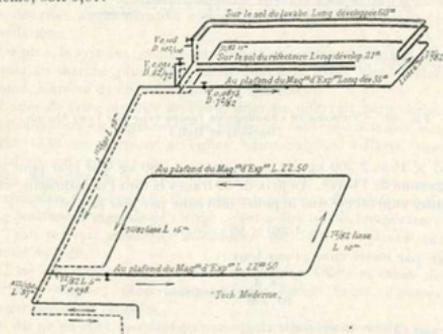


Fig. 81. — Schéma de chauffage de l'usine type par l'eau chaude. (Magasins d'exposition, lavabos, réfectoire.)

Le croquis (fig. 81) montre la disposition d'ensemble, le calcul de la vitesse et du diamètre du tuyau.

La surface des tuyaux lisses est 5^m,15, émettant :

$$5,15 \times 360 = 3,245 \text{ calories.}$$

Restent pour les tuyaux à ailettes :

$$25,735 - 3,245 = 22,490 \text{ calories.}$$

Soit :

$$\frac{22,490}{367} = 61^{\text{m}},28 \text{ ou } 35 \text{ mètres de tuyaux à ailettes de } 1^{\text{m}},80.$$

Le devis est résumé ci-dessous :

14 tuyaux à ailettes de 2 ^m ,50 de long, modèle n° 2.	490 fr.
4 brides d'extrémités, 12 joints intermédiaires.	35 "
16 supports à scellements avec rouleaux.	80 "
<i>A reporter.</i>	605 fr.

1 robinet de 70 mm.
Tuyauterie en fer de 72/82, 22 mètres.
10 colliers à scellements et à rouleaux
Ventilation : Comme au devis par la vapeur à basse pression.

Total

1,400 fr.

Réfectoire et lavabos.

La hauteur H = 4 m., la charge :

$$0,543 \sqrt{4} = 1,086.$$

Le croquis (fig. 81) montre la disposition d'ensemble, la vitesse, les diamètres.

Les longueurs de tuyauteries lisses sont insignifiantes, et leurs surfaces seront négligées dans le calcul.

On aura :
pour le réfectoire :

$$\frac{13,825}{367} = 37^{\text{m}},70.$$

soit 21 m. de tuyaux à ailettes de 1^m,80.

Pour les lavabos :

$$\frac{54,805}{367} = 149^{\text{m}},33.$$

soit 60 m. de tuyaux à ailettes, de 100 mm. intérieur et 2^m,50 de surface au mètre linéaire.

Le devis est résumé ci-dessous :

Tuyaux à ailettes n° 2, 6 bouts de 2 ^m ,50 et 4 bouts de 1 ^m ,50.	290 fr.
— n° 4, 28 — 2 mètres et 4 — 1 mètre.	920 "
16 brides d'extrémités, 26 joints intermédiaires et boulons.	100 "
22 supports doubles à rouleaux	165 "
1 robinet de 60 mm. et 1 de 100 mm.	185 "
Tuyauterie en fer et acier : 2 mètres en 62/72, et 2 mètres en 102/110.	70 "
4 colliers à scellements	10 "
Ventilation : Comme au projet par la vapeur à basse pression	820 "
Total	2,560 fr.

Tuyauterie commune aux magasins d'exposition, réfectoire, lavabos.

Le croquis (fig. 81) montre la disposition et les longueurs, et le devis est résumé ci-dessous :

Tuyauterie fer ou acier :	
102/110, 73 mètres.	} 2,750 "
122/130, 37 —	
55 colliers à scellements à rouleaux.	220 "
Total	2,970 fr.

Bureaux et hall.

La disposition par radiateurs sera identique à celle indiquée au projet par la vapeur à basse pression.

Pour les radiateurs du premier étage et du Hall, nous aurons (fig. 82) :

$$H = 4^{\text{m}},25, \text{ charge } 0,543 \sqrt{4,25} = 1,12.$$

Pour les radiateurs du deuxième étage :

$$H = 8^{\text{m}},50, \text{ charge } 0,543 \sqrt{8,50} = 1,583.$$

La figure 83 résume les calculs de tuyauteries et leurs diamètres.

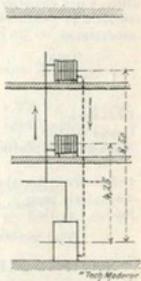


Fig. 82. — Calcul de la charge. (Bureaux.)



l'eau ne peut plus se vaporiser : sa température augmente en même temps que la pression.

Le tableau ci-dessous indique les températures approximatives que peut prendre l'eau chauffée en vase clos, avec les pressions correspondantes.

PRESSIONS au-dessus de l'atmosphère	TEMPÉRATURES correspondantes de l'eau	PRESSIONS au-dessus de l'atmosphère	TEMPÉRATURES correspondantes de l'eau	PRESSIONS au-dessus de l'atmosphère	TEMPÉRATURES correspondantes de l'eau	PRESSIONS au-dessus de l'atmosphère	TEMPÉRATURES correspondantes de l'eau
0,5	111°	7 kg	170°	13,5	196°	20 kg	215°
1	120	7,5	173	14	197	21	217
1,5	127	8	175	14,5	199	22	220
2	133	8,5	177	15	200	23	222
2,5	138	9	179	15,5	202	24	224
3	143	9,5	181	16	203	25	228
3,5	147	10	183	16,5	205	30	237
4	151	10,5	185	17	207	35	245
5	155	11	187	17,5	208	40	253
5,5	158	11,5	189	18	209	45	260
5,5	161	12	191	18,5	210	50	266
6	164	12,5	193	19	211	"	"
6,5	167	13	194	19,5	213	"	"

Il est donc possible, avec la seule limite de résistance des matériaux, de faire circuler de l'eau à haute température, et, par suite :

1° De diminuer l'importance des surfaces de chauffe, chaque mètre carré transmettant plus de calories ;

2° De diminuer les diamètres des tuyauteries, la différence des densités augmentant la charge, et, par suite, la vitesse de circulation.

De plus, le système, contenant moins d'eau, devient plus souple, se met en marche plus rapidement quand le foyer vient d'être allumé, s'arrête de chauffer plus également.

L'idée de faire circuler de l'eau, dont on pourrait faire varier la température en augmentant la pression, est très ancienne, car avant 1858 on retrouve à l'église Saint-Sulpice, à Paris, une installation de ce genre.

Un dispositif de soupape de sûreté, placé sur le réservoir d'expansion, permettait de faire varier la pression depuis 0 jusqu'à 3 kg, suivant la rigueur de l'hiver, c'est-à-dire que la température de l'eau pouvait s'abaisser au-dessous de 100°, et s'élever au-dessus de 140°.

Cette installation fit explosion en janvier 1858, et causa de terribles dégâts ; plusieurs personnes furent tuées, d'autres dangereusement blessées.

C'est qu'en effet, aussitôt qu'une rupture de joint ou une fissure de tuyau se produit, l'eau se vaporise instantanément sous la pression à laquelle elle se trouve, et la vapeur s'échappe avec violence, brisant tout, jusqu'à ce que le système reprenne l'équilibre à la pression atmosphérique.

Le système est donc, en réalité, excessivement dangereux ; aussi n'est-il plus jamais, pour ainsi dire, employé, à l'exception du dispositif spécial, appelé système Perkins, qu'on installe encore parfois, très rarement du reste, dans certains cas particuliers, où l'économie d'installation prime toute autre considération.

Bien entendu, il ne trouverait pas sa place dans un chauffage d'usine moderne, et nous ne donnerons que pour mémoire son application dans notre usine type, où il ne présenterait aucun intérêt.

Mais il peut être encore appliqué pour chauffer certaines étuves industrielles à haute température, par exemple les étuves à caoutchouc, les étuves à sécher les noyaux de fonderie, etc. Dans ce cas on lui adjoint un régulateur de température, agissant sur la marche du foyer.

Pour notre part, nous n'en voyons nullement l'avantage, et nous donnerions de beaucoup la préférence, dans un cas de ce genre, à un chauffage par la vapeur à haute température, qui est moins dangereux, parce qu'en cas de rupture le volume de vapeur qui s'échappe est moindre, et que la pression baisse plus vite.

L'invention de l'Anglais A.-M. Perkins a été brevetée vers 1845. Après avoir reçu en Angleterre un grand nombre d'applications, elle est peu à peu tombée en désuétude, même dans son pays d'origine.

Les Compagnies d'Assurances et la législation anglaises ont, du reste, établi pour son emploi des prescriptions excessivement rigoureuses, et, en particulier, exigent que les tuyauteries soient éloignées des pièces de bois de charpente et menuiserie d'au moins 75 mm. On prétend, en effet, avoir eu des incendies dus à la combustion spontanée du bois maintenu dans le voisinage de tuyaux à très haute température.

En France, ce système, très en vogue il y a vingt-cinq ans, n'est plus guère connu maintenant. Tous les constructeurs l'ont successivement abandonné, et nous ne pensons pas faire erreur en disant qu'un seul constructeur continue à faire sa spécialité des installations de ce chauffage.

La figure 84 montre un schéma de chauffage Perkins. Toute l'installation se compose d'un circuit ininterrompu de tuyaux en fer, de qualité et épaisseur spéciales, et comprend :

1° Le foyer A, dans lequel la chaudière est constituée par le tube lui-même, enroulé en serpentin, et autour duquel circulent les gaz chauds ;

2° La circulation ABCD, partant de la partie supérieure du serpentin, et revenant à la partie inférieure ;

3° Le réservoir d'expansion V, complété par le tube d'emplacement C, et le tube b, qui sert à l'évacuation de l'air au moment du remplissage ;

4° Les surfaces de chauffe S, S, S, composées de serpents formés avec les tuyaux de circulation.

Les tuyaux sont de qualité spéciale, essayés à 250 kg, à l'usine, et au moins à 150 kg, avec une pompe, après installation.

On les trouve dans le commerce dans les dimensions ci-dessous :

	DIAMÈTRES EN MILLIMÈTRES									
Intérieurs	8	9	10	12	15	22	26	30	40	50
Extérieurs	16	18	21	25	27	35	42	50	60	

mais les plus employés sont ceux de 15/27 et 22/34.

L'installation se fait par longueurs de 5 à 6 m., cintrées de forge, et assemblées par des manchons en fer, à filetages droite et gauche, serrés à bloc, de manière qu'une extrémité du tuyau, taillée en biseau, vienne s'appliquer sur l'extrémité de l'autre tuyau, dressée au tour (fig. 85).

Le réservoir d'expansion est en fer forgé. Pour le premier

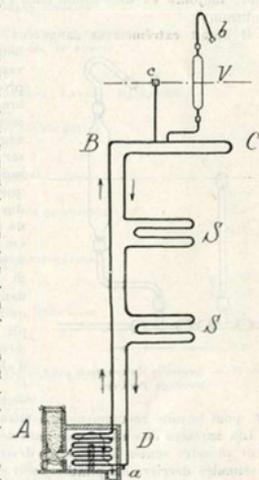


FIG. 84. — Schéma d'un chauffage système Perkins.

l'empilage, on dévisse les bouchons *b* et *c*, et on raccorde une pompe placée près du foyer. On pompe pendant un certain temps en laissant l'eau s'écouler par le tuyau *c*, de manière à monter tout l'air contenu dans les tuyaux, et qui ferait obstruction à la circulation, en donnant lieu à des claquements très violents, dangereux pour les joints (fig. 86).

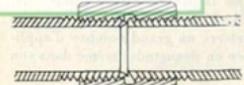


Fig. 85. — Joint de tuyauterie pour chauffage Perkins.

Le système une fois rempli fonctionne pendant longtemps sans qu'on ajoute de l'eau. Toutefois, pendant les premières semaines de mise en service, il faut ajouter un verre d'eau tous les deux ou trois jours, pour compenser l'évacuation de l'air, toujours en dissolution dans l'eau, et qui s'évapore à l'ébullition.

Il serait extrêmement dangereux de remplir à chaud; le bouchon sauterait, et une vaporisation instantanée se produirait. On a vu de nombreux accidents, suivis de mort d'homme, suivis de mort d'homme, pour avoir négligé la précaution de laisser refroidir avant le remplissage. Il faut bien s'assurer que la température est descendue au-dessous de 100°, et de préférence vers 60 à 70°. On dévisse alors le bouchon *b*, puis le bouchon *c*, on verse de l'eau avec un entonnoir dans le tuyau *c*, jusqu'à ce qu'il soit complètement rempli, et, lorsque l'eau commence à déborder, on visse d'abord le bouchon *c*, puis le bouchon *b*, en ayant soin de serrer à bloc, et

on peut ensuite recommencer à chauffer.

Les surfaces de chauffe sont enroulées en serpents qui peuvent prendre toutes les formes désirables, soit en longueur, dissimulés derrière les plinthes, soit en forme de poêles, cylindriques ou rectangulaires. La seule condition est d'éviter de remonter ou de redescendre; il faut que la circulation aille toujours en montant pour les poêles placés sur la conduite ascendante, et en descendant pour ceux placés sur la conduite de retour.

On a soin, du reste, de placer moins de serpents sur la conduite allant au réservoir d'expansion que sur celle revenant au foyer, de manière à éviter que la circulation ne se fasse en sens inverse, ce qui pourrait donner lieu à des excès de pressions, à des bruits violents, et même à des explosions.

En principe, on ne fait pas de circuits plus longs que 180 m. Si l'installation nécessite un développement de tuyauteries plus grand, on revient au foyer, on fait un second serpent, et on repart à un nouveau réservoir d'expansion, puis à un second circuit. On peut faire ainsi jusqu'à 4 et 5 circuits pour les grands bâtiments.

En général, le serpent du foyer a un développement de 1,8 à 1/5 de celui de la circulation, et le réservoir d'expansion a un volume utile, jusqu'au niveau *c*, de 0,3 du volume d'eau total contenu dans le circuit. Si ce réservoir est trop grand, l'air se mélange à l'eau, et donne lieu à des claquements. S'il est trop petit, il peut y avoir explosion, l'eau n'étant pas compressible.

Pour éviter de trop grandes bouteilles d'expansion, on peut

en grouper plusieurs (fig. 87), à condition qu'elles soient bien au même niveau.

Le réservoir d'expansion doit être placé aussi loin que possible du foyer; il doit toujours rester froid. S'il s'échauffe, c'est qu'il y a trop de pression, il faut ralentir le feu, il y a danger d'explosion.

Dans le système Perkins, il est impossible de régler isolément le chauffage d'une pièce dans un ensemble de locaux chauffés; il faut que toute la circulation soit sous le même régime.

On avait cependant, en France, perfectionné le système à ce point de vue, et les microsiphons Geneste-Herschel, et chauffages à moyenne pression Grouvelle, permettaient de faire des réglages dans une certaine mesure.

Sur le circuit principal (fig. 88), des surfaces de chauffe étaient placées en dérivation, chacune d'elles, munie d'un robinet en acier ou en bronze à haute résistance (fig. 89), pouvant être

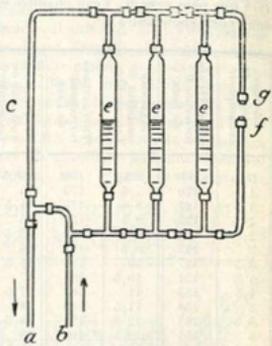


Fig. 87. — Groupe de bouteilles d'expansion pour chauffage Perkins.

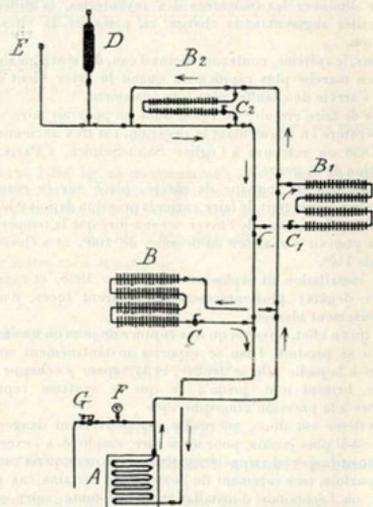


Fig. 88. — Schéma d'un chauffage par l'eau chaude à moyenne pression. (Microsiphon.)

isolée, ou même réglée, sans que la circulation générale soit interrompue.

Les serpents étaient constitués par des tuyaux identiques à ceux de la circulation, sur lesquels on emmanchait à chaud des ailettes en tôle emboutie, qui, en se refroidissant, venaient en contact assez intime avec le métal du tuyau



pour être considérées comme faisant corps avec lui (fig. 90).
 Pour ces chauffages, réglables dans une certaine mesure, on limitait la pression à 6 kg., au moyen d'une soupape de sûreté, et un manomètre, à contact et sonnerie électrique de sécurité, prévenait le chauffeur que la limite de pression dangereuse allait être atteinte.

Il existe encore des installations de ce type, bien que nombre d'entre elles aient été transformées en chauffages à vapeur à moyenne ou basse pression.

Examinons rapidement quelles seraient les proportions d'un chauffage Perkins, appliqué à notre usine type.

Nous supposons que nous emploierions du tuyau de 22/34 développant 0^m9,40676 par mètre linéaire, et que nous limiterons la pression à 25 kg. par centimètre carré, qui est généralement considérée comme un maximum dans ce système.

A cette pression, la température de l'eau est de 228°, et chaque mètre carré transmet :

Dans une enceinte à 15° (grand atelier, magasins d'exposition, lavabos, réfectoire) :

$$(228 - 15) \times 11,44 = 2,437 \text{ calories.}$$

Dans une enceinte à 18° (bureaux, hall) :

$$(228 - 18) \times 11,44 = 2,402 \text{ calories.}$$

Chaque mètre linéaire de tuyau de 22/34 transmettra donc, respectivement :

$$2,437 \times 0,10676 = 260 \text{ calories.}$$

$$2,402 \times 0,10676 = 218 \text{ calories.}$$

Nous limiterons à 180 m. la longueur de chaque circuit, dont 1/8, soit 22^m,5 pour le foyer, et 7/8, soit 157^m,5, pour la surface utile.

Chaque circuit pourra donc transmettre, respectivement :

$$260 \times 157,5 = 40,950 \text{ calories,}$$

$$218 \times 157,5 = 34,335 \text{ calories.}$$

Le tableau ci-après résumera les calculs :

	GRAND ATELIER	MAGASINS D'EXPOSITION		REFECTOIRE	LAVABOS	HALL BUREAUX
		Bâtiment d'Administration	Bâtiment des Lavabos			
Calories à fournir par heure.	549,900	34,915	25,725	13,825	54,805	175,465
Nombre de mètres de tuyau de 22/34 :						
A 260 calories.	1 730m.	135 m.	99 m.	59 m.	211 m.	"
A 218 calories.	"	"	"	"	"	800 m.
Nombre de circuits	11	5				6
Longueur totale des circuits, compris serpentins du foyer.	1.950m.	555 m.				900 m.
Nombre de bouteilles d'expansion.	11	5				6
Volume de chaque bouteille.	20 ^l	16 ^l				17 ^l
Nombre de foyers		3				2

Le devis s'établira comme suit :

CHAUFFERIE.

Fumisterie et chaudiromerie :	
5 foyers en briques réfractaires et briques ordinaires, armatures en fer cornière, façades en fonte avec portes, grilles, trémiss, à 1,000 fr.	5,000 fr.
21 serpentins en tubes de 26/34, développant ensemble 380 mètres	3,800 "
Manomètres, soupapes de sûreté, bouchons d'empilage, 1 par serpentins.	2,100 "
Cheminée et collecteurs des 5 foyers	3,400 "
Outilsage des foyers.	100 "
Passerelle et escaliers d'accès pour le chargement des trémiss	300 "
Total.	14,700 fr.

GRAND ATELIER.

1,730 mètres de tuyau de 22/34, compris supports et pose.	13,850 fr.
11 bouteilles d'expansion, avec tés de sûreté.	1,650 "
Total.	15,490 fr.

MAGASINS D'EXPOSITION, LAVABO, REFECTOIRE.

494 mètres de tuyau de 22/34	4,450 fr.
4 bouteilles d'expansion, avec tés de sûreté.	580 "
Total.	5,030 fr.

BUREAUX, HALL.

800 mètres de tuyau de 26/34	8,000 fr.
6 bouteilles d'expansion, avec tés de sûreté.	870 "
Total.	8,870 fr.

RÉCAPITULATION.

Chaufferie.	14,700 fr.
Grand Atelier.	15,490 "
Magasin d'Exposition, Lavabo, Réfectoire	5,030 "
Bureaux, Hall.	8,870 "
Total général	44,090 fr.

Ce qui représente par mètre cube chauffé :

$$\frac{44,090}{89,770} = 0 \text{ fr. } 49,$$

ou par calorie-heure utile :

$$\frac{44,090}{753,645} = 0 \text{ fr. } 058.$$

On remarquera l'économie de ces chiffres, mais on tiendra compte de la pression de 25 kg. par centimètre carré que nous avons admise, et qui est extrêmement dangereuse; nous ne verrions pas sans inquiétude une installation de ce genre.

Si on ramenait cette pression à 5 ou 6 kg., chiffres déjà élevés, la dépense d'installation serait considérablement augmentée.

On notera, du reste, que le volume d'eau contenu dans l'ensemble de la circulation ne dépasse pas 1.600 litres, et que la section totale des vingt et un tuyaux n'est que de 0^m9,00198. La vitesse de circulation admise est donc considérable, ce qui augmente encore l'insécurité du système.

La dépense de charbon journalière sera très sensiblement la même qu'avec la vapeur à basse pression; peut-être devra-t-on la considérer comme devant être plutôt supérieure, car on sera obligé de marcher en marche plus active pendant la nuit, le

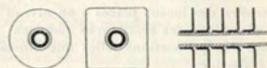


FIG. 90. — Surface de chauffe à ailettes embouties pour chauffage par l'eau chaude à moyenne pression.



volume de chaleur contenu dans les 1.600 litres d'eau et la masse des tuyauteries relativement faible.

ULTIMHEAT VIRTUAL MUSEUM

CHAPITRE XVI

CHAUFFAGE PAR L'EAU CHAUDE A CIRCULATION ACCÉLÉRÉE

L'examen des calculs du chauffage par l'eau chaude, tels que nous les avons établis chapitre xiv, démontre :

1° Que la vitesse de circulation n'étant donnée que par suite de la différence de densité entre l'eau chaude et l'eau refroidie est toujours excessivement faible;

2° Qu'en raison de cette très faible vitesse, encore réduite par les frottements dans les conduites et les pertes de charge dans les coudes, téés, sections diverses d'appareils, on est conduit à de très grandes sections de tuyauteries. Par suite, l'installation est encombrante et coûteuse;

3° Que, de ces gros diamètres, résulte forcément un volume très grand de l'eau à faire circuler, par suite que le système est très long à mettre en régime, et aussi long à réduire en température quand on veut ralentir ou arrêter.

Par exemple, pour le chauffage de notre usine-type, nous avons vu que les appareils contiennent 30 m³ d'eau, tandis qu'ils ne contiennent que 1 m³,600 dans le chauffage système Perkins sous pression de 25 kg.

Il en résulte tout naturellement une durée très longue de mise en route. Les 30 m³ représentent 30.000 calories par degré d'écart. Pour chauffer, par exemple, de +12°, température ordinaire de l'eau froide, à 95°, température maxima prévue, il faut produire $30.000 \times (95 - 12) = 2.430.000$ calories. Avec nos grilles de chaudières, capables de brûler 157 kg. par heure, c'est-à-dire de produire $157 \times 4.800 = 753.600$ calories par heure, il faudrait :

$$\frac{2.430.000}{753.600} = 3 \text{ h. } 25'$$

pour produire l'élevation de température; mais, comme l'eau se refroidit dans les radiateurs et surfaces à ailettes à mesure qu'elle commence à circuler, ce n'est guère qu'au bout d'une journée que l'installation serait en régime régulier.

Inversement, quand on réduira la marche des générateurs, ou même quand on fermera certains robinets de circulation, les appareils continueront à chauffer pendant plusieurs heures.

Il est bien évident que, plus on diminuera les diamètres des tuyauteries de circulation, plus l'installation sera facile et économique à installer, et plus elle sera souple, rapide à mettre en route, et aussi à modérer.

Ajoutons que dans certains cas, par exemple s'il s'agit de chauffer des locaux placés à un niveau très inférieur à celui de la chaudière, les résistances réduisent la vitesse de circulation dans des proportions telles que l'installation est pratiquement irréalisable.

Toutes ces considérations ont depuis longtemps conduit les constructeurs à rechercher des moyens d'accélérer la rapidité de circulation.

La circulation peut être accélérée de diverses manières, et tous les systèmes actuellement employés peuvent se ranger dans les catégories ci-après :

1° Circulation produite mécaniquement au moyen d'une pompe;

2° Circulation par pulsion;

3° Circulation accélérée par émulsion;

4° Circulation accélérée par production intermittente du vide en un point du circuit.

Pour décrire ces divers systèmes, et même simplement la théorie de ces systèmes, il faudrait entrer dans des développe-

ments que le cadre forcément réduit de cette étude ne permet pas. Nous nous bornerons à en dire quelques mots, renvoyant ceux de nos lecteurs que la question intéresse au chapitre xx de notre ouvrage *Le chauffage des habitations*, pages 438 à 498.

Aussi bien tous ces systèmes, et en particulier les systèmes par pulsion, par accélération, et par production intermittente du vide, sont-ils plutôt réservés à de petites installations domestiques, destinées à vaincre, sans interposition d'organes mécaniques, des difficultés qui ne se rencontrent pas dans les chauffages industriels.

Pour ces derniers, on a toujours avantage à avoir recours à des organes mécaniques, et la disposition la plus pratique consiste à intercaler une pompe dans le circuit.

C'est cette méthode que nous appliquerons au chauffage de notre usine-type, et nous dirons seulement quelques mots de la théorie des autres systèmes.

Circulation accélérée par émulsion.

Le principe de l'émulsion consiste à diminuer la densité d' de l'eau dans la colonne ascendante, ou dans une partie de la colonne ascendante, en mélangeant de la vapeur ou un gaz sous pression, de manière que, la densité d dans la colonne de retour ne changeant pas, la différence $d - d'$, et, par suite, la charge $H(d - d')$ qui produit la circulation, soit plus grande.

Nous avons vu dans le chapitre xiv (chauffage par l'eau chaude à basse pression), que cette charge est en général assez réduite, et que, par suite, la faible vitesse de circulation nécessite des diamètres assez importants.

Le point de départ des systèmes par émulsion semble remonter au brevet du capitaine danois Reck (1902).

Dans le système Reck on emploie, en général, une chaudière à vapeur à basse pression comme organe producteur de la chaleur (fig. 91).

L'eau de la circulation est chauffée par un serpentín de vapeur dans un réchauffeur B, s'élève par une conduite S jusqu'à un réservoir d'expansion E, et revient du réservoir au réchauffeur par une ou plusieurs colonnes descendantes T, L, R, alimentant les radiateurs O, O.

En un point C de la colonne ascendante S, est placée une caisse de forme spéciale, nommée *émulseur ou accélérateur*, dans laquelle on vient injecter la vapeur de la chaudière A, amenée par le tuyau D. La partie CE de la colonne S est donc remplie d'un mélange de vapeur et d'eau, et sa densité est moindre, par conséquent, que si elle contenait seulement de l'eau.

La vapeur en excès traverse le réservoir d'expansion, redescend par le tuyau M, se condense dans le serpentín placé dans un renflement F de la colonne ascendante, en communiquant sa chaleur à l'eau, et l'eau de condensation revient à la chaudière A.

C'est de cette vapeur en excès que naît la première et la principale difficulté de fonctionnement du système. Il est bien évident que, si la pression de vapeur venait à s'élever au-dessus d'une certaine limite, elle arrêterait le mouvement ascensionnel de l'eau, et la circulation cesserait de se produire.

On règle cette limite de pression par un régulateur, analogue

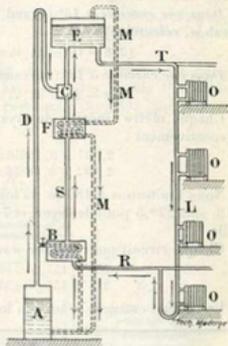


Fig. 91. — Chauffage par l'eau chaude à circulation accélérée. (Système par émulsion.)

à ceux décrits dans les chauffages par la vapeur à basse pression, et qui agit sur l'entrée d'air à la chaudière, de manière à arrêter la combustion, et par suite la vaporisation, dans la proportion nécessaire.

Tous les systèmes d'émulsion par la vapeur semblent basés sur le principe du système Reek, et n'en diffèrent que par des détails de construction et de disposition des organes.

On voit donc que, lorsque l'émulsion se produit, la température de l'eau est au moins de 100°, et même un peu plus, suivant la hauteur de la colonne CE.

Si on veut rester dans la limite des règlements français sur les chaudières à vapeur à basse pression, non soumises à la formalité du timbre, la colonne CE a au maximum 3 m., la température de l'eau sous pression de 300 grammes est donc de 107°,5, et sa densité approximative :

$$1,0086 - 0,0005 \times 107,5 = 0,95485.$$

M. Reek admet que le maximum d'émulsion permettant une bonne circulation a lieu lorsque la densité de la colonne descendante est égale à la moitié de celle de la colonne ascendante de même hauteur.

Le minimum de densité de la colonne CE est donc :

$$\frac{0,95485}{2} = 0,477425.$$

Supposons que, comme dans le chauffage par l'eau chaude à basse pression, l'eau part du réchauffeur à 95°, à la densité approximative de :

$$1,0086 - 0,0005 \times 95 = 0,9611$$

La densité moyenne sera :

$$\frac{(H-3) \cdot 0,9611 + (3 \times 0,477425)}{H} = \frac{0,9611H - 1,451025}{H}$$

Supposons que la colonne descendante, partant du réservoir d'expansion à la température de 107°,5, densité 0,95485, perde 20° dans le parcours, et rentre au réchauffeur à 87°,5, densité 0,96485.

La densité moyenne sera :

$$\frac{0,95485 + 0,96485}{2} = 0,95985.$$

La différence $d - d'$ sera :

$$0,95985 - \left(\frac{0,9611H - 1,451025}{H} \right)$$

et la charge :

$$0,95985H - (0,9611H - 1,451025) = 1,451025 - 0,00125H.$$

La vitesse pourra s'écrire :

$$v = A\sqrt{2gH(d-d')} = A\sqrt{2 \times 9,8088 \times (1,451025 - 0,00125H)} \\ = A\sqrt{28,465628 - 0,024522H}.$$

Par exemple, pour une colonne H = 16 m., on aurait :

$$v(\text{système Reek}) = 5,1983 \text{ A}$$

tandis qu'avec un thermosiphon ordinaire :

$$v(\text{thermosiphon}) = 0,543 A\sqrt{H} = 2,172 \text{ A}.$$

La vitesse avec le système Reek serait 2 fois 1/2 celle d'un chauffage à eau chaude à basse pression ordinaire.

Ce serait à peu près le cas dans notre usine-type; toutes les sections de tuyauteries pourraient donc être divisées par 2 1/2, ce qui réaliserait une économie importante sur les canalisations.

Cette économie serait encore augmentée par suite des réductions de surfaces chauffantes, que permettrait la température plus élevée de l'eau.

Un reproche qu'on peut faire à tous les chauffages à vapeur le principe précédent est de nécessiter une chaudière à vapeur pour produire l'eau chaude et accélérer sa circulation.

Certains constructeurs emploient deux chaudières différentes. Une chaudière du type à eau chaude élève l'eau à la température nécessaire pour établir la circulation, c'est-à-dire aux environs de 100°; une chaudière à vapeur spéciale produit la vapeur nécessaire à l'émulsion. Cette solution n'est évidemment pas une simplification, puisqu'on a deux types différents de chaudières, et à première vue elle ne semble guère à conseiller. Ses partisans prétendent qu'ils ne font fonctionner que les chaudières à eau chaude par les températures extérieures moyennes, et que la chaudière à vapeur, c'est-à-dire l'émulsion, n'est utile que lorsqu'il fait très froid. Il est facile de montrer que cette explication est inexacte dans la plupart des cas, car les sections données aux tuyauteries ne permettraient certainement pas la circulation dans l'ensemble du réseau de tuyauteries sans l'augmentation de vitesse que donne l'émulsion.

Nous dirons donc que l'émulsion est à peu près toujours nécessaire, et que cette méthode d'accélération ne peut avoir d'intérêt que dans des cas tout à fait particuliers. Elle n'aurait sûrement aucun intérêt dans notre usine-type.

Pour les petits chauffages, on est arrivé à faire, cependant, l'accélération par émulsion avec une simple chaudière à eau chaude (fig. 92).

Il suffit, en effet, de créer une difficulté à la circulation de l'eau au départ de la chaudière. En ce point S, l'eau est à une pression h , égale à celle de la hauteur de la colonne ECS; si la circulation est difficile, la température s'élève jusqu'à atteindre celle que prendrait l'eau sous la pression h .

En diminuant ensuite la résistance, par exemple par une augmentation progressive de section du tuyau S, puis en intercalant une chambre assez grande C, la pression diminue brusquement, un dégagement de vapeur se produit, et la colonne CE s'émulsionne.

Nombreux sont les systèmes actuellement en usage d'après ce principe, pour le chauffage des petits locaux sur le même plan, par exemple des appartements.

Nous ne croyons pas nous tromper en disant que la principale difficulté qu'ils rencontrent, et que beaucoup d'entre eux n'ont pas résolue, réside dans l'excès de vapeur qui vient s'emmagasiner dans la partie supérieure du réservoir d'expansion, et qu'il est très difficile de condenser.

Nous n'insisterons pas sur ces petits chauffages, qui n'ont pas d'intérêt pour les applications industrielles, et dont le rôle se réduit presque exclusivement au chauffage des appartements de plain-pied.

Nous croyons utile cependant de dire quelques mots du système que la Société Métallurgique de Montbard-Aulnoye a récemment fait breveter, parce qu'il fait intervenir, en plus de l'émulsion, un facteur nouveau.

La chaudière l'Intensive, de la Société de Montbard est verticale, et composée de 2 cylindres concentriques, raccordés à la partie basse, de manière à former une lame d'eau assez mince autour du foyer, qui est intérieur. La calotte supérieure de la virole du foyer forme le dôme de ce foyer. La calotte supérieure de la virole extérieure porte une tubulure tronconique, évasée par le bas, et se continuant par la colonne montante d'eau chaude au réservoir d'expansion.

Entre les deux viroles, un cloisonnement cylindrique sépare en deux parties la lame d'eau, ce cloisonnement s'arrêtant à faible

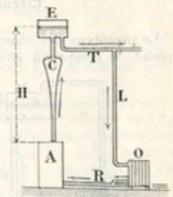


Fig. 92. — Chauffage par l'eau chaude à circulation accélérée. (Système par émulsion.)

distance du fond de la chaudière que l'eau des retours se divise en deux parties égales, l'une, très mince, reçoit le rayonnement direct de la flamme, est chauffée seulement par contact. Le cloisonnement cylindrique intérieur se termine par une calotte, dont le sommet porte une tubulure, en forme d'ajutage d'injecteur, qui pénètre dans le départ tronconique de la colonne montante.

En raison du faible volume de liquide contenu entre le foyer et le cloisonnement, une partie de l'eau se vaporise, la vitesse ascensionnelle est très grande, et, en vertu de l'accélération encore augmentée dans l'injecteur, l'eau moins chaude du compartiment extérieur est violemment aspirée, et la vitesse d'ascension est très grande, en même temps que l'excès de vapeur se condense.

Ainsi, avec un seul appareil, constitué par sa chaudière spéciale, la Société de Montbard-Aulnoye applique à la fois le principe de l'émulsion et l'entraînement d'eau par injection.

Cette Société affirme que la vitesse ainsi obtenue dans le circuit du chauffage est 2,25 fois plus grande que celle d'un thermosiphon de même surface et mêmes tuyauteries.

Elle ne construit, du reste, ses chaudières que pour les petits chauffages et son plus grand modèle n'a que 4 mètres carrés, pour 25.000 calories.

Circulation par pulsion.

Le prototype des chauffages par pulsion est le système Rouquaud. Il comprend comme organes essentiels (fig. 93) une chaudière à eau chaude A, un réservoir fermé B, en communication avec la chaudière par un tuyau montant *a*, et par un tuyau descendant *a'*.

Dans le réservoir B est placé un flotteur en forme de cloche renversée *f*, très léger, coulissant autour d'un tuyau, qui se continue en *b* jusqu'à un réservoir d'expansion C, et qui est percé de deux petites lumières *g*, juste au-dessous de la partie supérieure du réservoir B.

Enfin, un tuyau de retour *c* alimente les radiateurs I, et rentre à la chaudière, un clapet *d* empêchant la circulation en sens inverse.

A l'état d'équilibre, il existe un niveau *hh*, et le flotteur *f* est au niveau *bb* du réservoir B, obstruant les lumières *g* du tuyau *b*.

Aussitôt qu'on allume la chaudière, une circulation s'établit de la chaudière A vers le réservoir B, l'eau montant par le tuyau *a*, et redescendant par le tuyau *a'*, le clapet *d* étant maintenu fermé.

Peu à peu, il se forme de la vapeur à la partie supérieure du réservoir B, et, aussitôt que la tension de cette vapeur est supérieure à la pression que représente la colonne *b*, l'eau est refoulée du réservoir B dans le réservoir C par le tuyau *b*.

Dès que le niveau B s'est suffisamment abaissé, le flotteur *f* descend, démasque les ouvertures *g*, et la vapeur s'échappe par le tuyau *b*, passant au travers de l'eau, qu'elle émulsionne.

La pression diminue alors dans le réservoir B, l'équilibre est rompu par le poids de l'eau qui a été refoulée dans le réservoir C, et il se produit un écoulement d'eau par le tuyau *c*, les radiateurs, et le clapet *d*, qui s'est ouvert; peu à peu le réservoir B se remplit, son flotteur remonte, et l'opération recommence.

La circulation est donc périodique, et, à chaque période, une quantité donnée d'eau à 100°, c'est-à-dire de calories, est envoyée dans les radiateurs.

Nous n'insisterons pas sur la manière de régler la périodicité des pulsions, qui est très simple.

Un des points délicats est la condensation de l'excès de vapeur qui s'échappe en même temps que l'eau; on la réalise dans un condenseur spécial, placé sur le parcours du tuyau de retour.

On remarquera :

1° Que la circulation se produit du réservoir ouvert C au réservoir ouvert B, en passant par la chaudière; c'est donc simplement une pression statique qui crée cette circulation.

On peut, du reste, se donner telle pression que l'on désire, et, par conséquent, déterminer la vitesse de circulation que l'on veut;

2° Que chaque pulsion comporte un volume d'eau constant, correspondant au volume du réservoir B compris entre sa partie supérieure et la partie inférieure du tuyau *b*;

3° Enfin, que la périodicité des pulsions peut être calculée.

On connaît donc tous les éléments, volume d'eau et vitesse de circulation, permettant de déterminer le chauffage.

Bien que ce système ait reçu beaucoup d'applications en France depuis 1904-1902, nous ne pensons pas qu'il existe des installations aussi importantes que celle de notre usine-type. Ce chauffage est plutôt un chauffage domestique.

Circulation par production intermittente du vide en un point du circuit.

Il existe un certain nombre de systèmes, Barker en Angleterre, Bolze en Allemagne et en Belgique, Nessi frères en France, Rouquaud (brevet de 1907) en France, etc., etc., basés sur ce principe.

Nous décrivons seulement le système Barker, breveté le 30 septembre 1903, et qui nous semble être le plus ancien.

Le principe est le suivant (fig. 94) :

L'eau, quelle que soit sa température, s'écoule d'un réservoir d'expansion A par un tuyau *a*, qui alimente les radiateurs, et revient de ceux-ci, par un tuyau *b*, au compartiment B d'un réservoir spécial, dans lequel un flotteur C règle son arrivée, en commandant un clapet *d* d'entrée *d*.

Elle passe ensuite, par un clapet *g*, dans un compartiment D, dans lequel un flotteur E commande alternativement, suivant sa position, une soupape K d'arrivée de vapeur, ou une soupape *l* d'évacuation de l'échappement de vapeur dans le compartiment B.

Ajoutons que le compartiment D est raccordé au réservoir d'expansion A par un tuyau F, muni d'un clapet de pied *q*, que le compartiment B communique avec l'atmosphère par un tuyau *r*, muni d'un clapet *i*, et plongeant dans l'eau du réservoir d'expansion; que l'eau refroidie, arrivant par le clapet *d*, s'écoule dans le réservoir B, en passant sur des plaques perforées, enfin que la vapeur à basse pression, arrivant par un tuyau au clapet d'entrée K, peut aussi entrer en plus ou moins grande quantité, suivant qu'on veut chauffer l'eau plus ou moins, par le robinet *n*, dans le compartiment B.

A l'origine, avant l'arrivée de la vapeur, existe un état d'équilibre tel que la hauteur de l'eau dans le compartiment D a soulevé

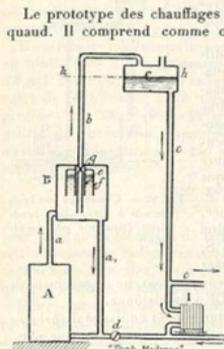


Fig. 93. — Chauffage par pulsion. (Système Rouquaud.)

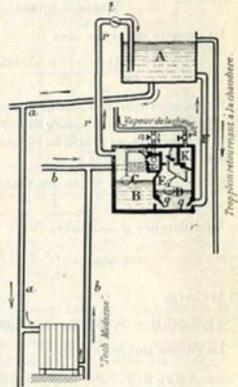


Fig. 94. — Chauffage par l'eau chaude à circulation accélérée. (Système Barker.)



le flotteur, qui ouvre la soupape K, ferme la soupape t, pendant que les clapets g et q sont eux-mêmes fermés.

Aussitôt que la vapeur arrive, la pression s'exerce à la surface de l'eau dans le compartiment D, c'est-à-dire presque sans chauffer cette eau, colle la soupape g sur son siège, ouvre la soupape q, et refoule l'eau du réservoir D dans le réservoir A. Jusque-là le fonctionnement est identique à celui du système Rouquaud.

A un moment donné, pour un niveau inférieur, limite de l'eau dans le réservoir D, un contrepoids bascule brusquement le flotteur E, qui ferme l'entrée de vapeur K, ouvre l'échappement t, et supprime la pression. L'eau rentre alors du réservoir B dans le réservoir D par le clapet g, en même temps que le clapet q se referme.

Pour un niveau donné dans le réservoir B, le flotteur C ouvre le clapet d, l'eau s'écoule sur les grillages, au contact de la vapeur d'échappement qui arrive par le clapet t, et, s'il y a lieu, au contact de la vapeur vive qui arrive par le robinet n.

Une condensation brusque se produit, donnant lieu à un vide intense, qui produit une suction puissante sur l'eau revenant des radiateurs par le tuyau b, et aussitôt remplacée par l'eau du réservoir A, qui s'écoule par le tuyau a.

On comprend :

1° Qu'on fait varier la vitesse des pulsions en augmentant la pression de vapeur à l'arrivée à la soupape K ;

2° Qu'on fait varier la température de l'eau en ouvrant plus ou moins le robinet n ;

3° Enfin qu'on a un vide d'autant plus grand que la température de l'eau est plus basse.

En pratique, avec de l'eau à 85°, on a un vide d'une demi-atmosphère, soit 5 m. d'eau, et, avec de la vapeur à 300 gr., on peut avoir une différence de niveau de 2 m. entre les deux réservoirs.

La pression statique qui produit l'écoulement peut donc s'écrire :

$$2 + 5 = 7,$$

et la vitesse :

$$v = A\sqrt{2gH} = A\sqrt{2 \times 9,8088 \times 7} = A \times 11,72.$$

Cette vitesse est considérable, et permet des tuyaux très petits.

Malheureusement le système est assez compliqué; on voit qu'il ne comporte pas moins de deux flotteurs et six clapets; il nécessite donc une certaine surveillance, il exige de plus une chaudière à vapeur.

Il existe en Angleterre des chauffages fort importants par ce système. En France, quelques installations de grands immeubles ont été faites, mais nous pensons que ce système n'a vraiment sa raison d'être que lorsque des difficultés spéciales d'établissement rendent impossibles les chauffages domestiques par l'eau chaude ou la vapeur à basse pression.

Circulation produite mécaniquement par une pompe.

Dans une installation comme celle qui nous intéresse, une circulation mécanique produite par une pompe serait encore la solution la plus intéressante, si on disposait à bon compte d'une petite quantité de force motrice.

Cette solution aurait l'avantage :

1° De permettre une circulation constante, quelle que soit la température de l'eau en circulation. On remarquera de suite que nous n'avons trouvé cette qualité dans aucun autre système, sauf dans les systèmes par production intermittente du vide (Barker ou

analogues). Avec le thermosiphon ordinaire, l'eau chaude s'établit irrégulièrement aux basses pressions, les systèmes par émulsion et par pulsion, on ne peut faire circuler que de l'eau à 100°;

2° De créer une vitesse de circulation uniforme pour une vitesse donnée de la pompe, cette vitesse pouvant, du reste, varier à volonté suivant le régime, que l'on peut modifier, de la commande de la pompe. Par exemple, s'il fait très froid, on met la pompe au régime de marche maximum, et on fait circuler de l'eau très chaude. S'il fait moins froid, on diminue à la fois la température de l'eau et la vitesse de circulation.

La figure 95 montre le schéma d'une telle installation : A est la chaudière à eau chaude, BC la conduite de distribution d'eau chaude aux radiateurs ou surfaces de chauffe, DE la conduite de retour, E la pompe, en charge sur cette conduite, et refoulant par la conduite EF dans le réservoir d'expansion G, d'où l'eau refroidie redescend à la chaudière par le tuyau H.

Le calcul se réduit alors à un simple calcul d'hydraulique.

Si on admet, pour une pompe à piston, une vitesse de 1^m,30 par seconde dans les tuyaux d'eau, le calcul des collecteurs sera résumé dans le tableau ci-dessous, tous les autres éléments restant ceux du tableau de notre calcul de chauffage par l'eau chaude à basse pression.

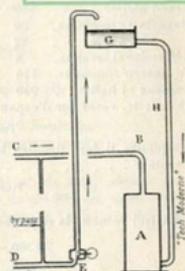


FIG. 95. — Chauffage par l'eau chaude à circulation accélérée. (Système par pompe aspirante.)

	VOLUME à faire circuler en litres par seconde	SECTION de la conduite principale	DIMENSION du tuyau principal
Grand atelier	5,415	0,001165	80/90
Magasins d'exposition ; Bâtiment d'administration.	0,485	0,000373	26/34
Bâtiment des lavabos . . .	0,358	0,000275	20/27
Refectoire . . .	0,192	0,000147	15/21
Lavabo . . .	0,762	0,000586	33/42
Hall et bureaux . . .	2,424	0,001865	50/60

Quant à la puissance absorbée, en admettant, ce que nous ne vérifions pas par le calcul, que le travail de la pompe correspond à 2 kg., soit à 20 m. d'élevation, la puissance absorbée serait :

$$N = \frac{PH}{75} = \frac{9,636 \times 20}{75} \times 1,5 = 3,85,$$

soit 4 chevaux :

- 9 = 1,5 étant le rendement de la pompe ;
- 9,636 le total des litres, c'est-à-dire des kilogrammes d'eau ;
- 20, la charge ;
- 75, le nombre de kilogrammètres par cheval.

En supposant la force motrice électrique, même prise sur un secteur de Paris à 0 fr. 03 l'hectowatt, ce qui est invraisemblable puisque l'usine doit produire elle-même son électricité, la dépense de force motrice, avec un petit moteur à 80 % de rendement, serait :

$$\frac{4 \times 736}{0,8} \times 0,03 \times 10 = 1 \text{ fr. } 10 \text{ par heure.}$$



Sans parler du détail des devis, nous pouvons estimer même sans l'économie d'installation pour les tuyauteries :

			Économies
Grand atelier,	180	an de 12.000 fr., 4.800 fr.	7.200 fr.
Magasin d'exposition,	30	— 450 » 180	270 »
— — — — —	22	— 330 » 175	155 »
Factoire et lavabos,	4	— 70 » 30	40 »
Yauterie commune,	110	— 2.750 » 990	1.760 »
Reaux et hall,	940	— 11.100 » 7.500	6.600 »
Aufferie, réservoir d'expansion, etc.			475 »
Total			16.500 fr.
quelles il faut déduire la valeur de la pompe et du moteur			2.000 fr.
Reste, économies,			14.500 fr.

Ce qui ramène la dépense à :
78.300 — 14.500 = 63.800,

t, par mètre cube chauffé :
 $\frac{63.800}{89.770} = 0 \text{ fr. } 71,$

par calorie-heure utile :
 $\frac{63.800}{753.645} = 0 \text{ fr. } 0846.$

Quant à la dépense de fonctionnement, on peut admettre qu'en son de la rapidité de circulation la mise en route durera une tre de moins le matin, et que le maximum correspondra à heures de chauffage journalier, pendant que la pompe, en rche très réduite la nuit, n'absorbera guère en moyenne que out aura de sa puissance.

On a donc pour la dépense de charbon :

Maximum	$167,48 \times 13 = 2.177 \text{ kg.}$
Moyenne	$1/2 \times 2/3 = 1.270 \text{ kg. par jour.}$
A 60 fr. la tonne	76 fr. 20
Plus force motrice	$\frac{1.10 \times 2}{2} = 13 \text{ fr. } 20$
Total,	89 fr. 40

Soit, par mètre cube et par jour :
 $\frac{89,4}{89,770} = 0 \text{ fr. } 000996,$

par calorie-heure calculée et par jour :
 $\frac{89,4}{753,645} = 0 \text{ fr. } 0000118.$

Ces chiffres sont peu intéressants, et montrent que ce système serait pas avantageux dans notre cas.

On peut dire cependant qu'il permettrait de disposer autrement surfaces de chauffe, et, par exemple, de les placer sur le sol, qui serait meilleur au point de vue de la répartition et de ilisation de la chaleur dans le grand atelier et les magasins xposition.

CHAPITRE XVII

CHAUFFAGE PAR L'EAU CHAUDE CHAUFFÉE PAR LA VAPEUR

Dans les systèmes de chauffage par l'eau chaude que nous ns décrits aux chapitres précédents, le chauffage de l'eau ti réalisé par un foyer dans une chaudière. L est facile de comprendre que la source de chaleur n'a une importance, et que, quel que soit le moyen employé

pour le chauffage de l'eau, le principe de la circulation reste identique.

On peut donc très bien admettre qu'un chauffage par l'eau chaude peut être réalisé par la transmission à l'eau des calories contenues dans la vapeur à l'état latent.

Il est bien évident que, à moins de motifs très particuliers, on n'a pas gros avantage à produire de la vapeur d'abord, pour la condenser ensuite et chauffer à l'eau chaude, on aurait dans la plupart des cas avantage à chauffer directement par la vapeur.

Il existe cependant des usines où cette transformation peut être intéressante.

1° Par exemple si on a besoin d'une température très constante, que le grand volume d'eau en circulation dans les chauffages par thermosiphon permet mieux de réaliser ;

2° Si on dispose de vapeur à très haute pression.

Il est bien certain que le chauffage par la vapeur à haute pression que nous avons décrit au chapitre XI ne donne pas sécurité, parce qu'on peut toujours craindre la rupture d'un tuyau, ou tout au moins d'un joint, qui pourrait donner lieu à un accident.

On n'aurait pas cette crainte si on avait simplement chauffé de l'eau avec cette vapeur dans un seul appareil, spécialement construit, et placé dans la chaufferie, sous la surveillance du mécanicien ;

3° Enfin, si on dispose de vapeur d'échappement, et qu'on ait des raisons pour ne pas créer au cylindre du moteur une contre-pression, si légère soit-elle. En condensant la vapeur d'échappement dès sa sortie du moteur, on supprime toute contre-pression, et, au contraire, on a tendance à produire un léger vide, éminemment favorable à la marche de la machine.

C'est le chauffage de l'eau par la vapeur d'échappement, véritable utilisation d'un sous-produit de la force motrice, dont nous allons étudier l'application au chauffage de notre usine-type.

Pour un même écart de température entre la vapeur et l'eau, le coefficient de transmission à travers les parois d'un serpentin rempli de vapeur et plongé dans un réservoir d'eau varie de 1 à 10, suivant la vitesse de circulation de l'eau.

D'après Pécelet, 1 m³ de serpentin en cuivre, placé dans un liquide en mouvement, peut condenser environ 3 kg. de vapeur par mètre carré et par heure, et par degré d'écart entre les températures de la vapeur et de l'eau. Ce chiffre est considérable, et correspond, pour de la vapeur à 100° et de l'eau entrant à 60° et sortant à 90°, c'est-à-dire avec $100 \frac{60+90}{2} = 25^\circ$ d'écart moyen à :

$$25 \times 3 \times 537 = 40.275 \text{ calories.}$$

MM. Thomas et Laurens, pour de l'eau passant dans un tube en cuivre de 10 mm. de diamètre plongé dans un réservoir de vapeur à 100°, ont établi le tableau suivant :

VITESSE en mètres par seconde de l'eau en circulation	TRANSMISSION en calories
—	—
0,10	14.200
0,20	22.600
0,30	25.800
0,40	27.500
0,50	29.600
0,60	30.600
0,70	32.250
0,80	33.750
0,90	35.300
1,00	36.900
1,10	38.500

C'est sur ce tableau que nous baserons le calcul de notre chauffage.



Le réchauffeur (fig. 96) se composera d'un cylindre recevant la vapeur par sa partie supérieure, et laissant écouler l'eau de condensation à la partie inférieure.

Il sera traversé par des tubes en cuivre de 15 mm. de diamètre et 1 mm. d'épaisseur, judicieusement dans les deux fonds.

Deux doubles fonds, montés à boulons, de manière à pouvoir permettre un démontage facile pour la visite et le nettoyage des tubes, formeront en haut et en bas des récipients d'eau.

Enfin, dans l'intérieur du cylindre, deux partitions formant chicanes obligeront la vapeur à circuler, et à venir au contact de tous les tubes.

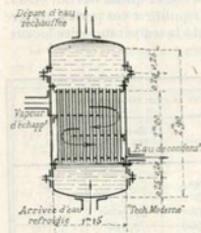


FIG. 96. — Réservoir d'eau chauffé par la vapeur.

Supposons que la vitesse de l'eau dans son passage par les tubes est de 0^m,10 par seconde, la transmission par mètre carré sera de 14.200 calories-heure.

Il faudra donc pour notre usine-type :

$$\frac{753.645}{14.500} = 51^m,97.$$

Soit :

$$\frac{51,97}{3,14 \times 0,017} = 973^m,60 \text{ de tuyau cuivre de } 15/17.$$

D'autre part, nous avons vu au tableau du chauffage par l'eau chaude à basse pression qu'il faut faire circuler par seconde :

$$5,515 + 0,485 + 0,358 + 0,192 + 0,762 + 2,525 = 9 \text{ litres } 636, \text{ soit } 0^m,009636.$$

À la vitesse de 0,10 par seconde, la section devra être :

$$\frac{0,009636}{0,1} = 0^m,09636,$$

soit :

$$\frac{0,09636}{3,14 \times 0,015^2} = 530 \text{ tubes.}$$

La longueur de chaque tube sera donc :

$$\frac{973,6}{530} = 1^m,83.$$

Nous leur donnerons 2 m., pour tenir compte de l'eau condensée, qui occupera toujours une petite hauteur dans le fond du cylindre.

La plaque tubulaire aura à peu près dix fois la section des tubes, soit : $0,09636 \times 10 = 0,9636$, ce qui correspond à un diamètre de 1^m,15.

Le devis de l'installation ne sera modifié que pour la partie *chaufferie*; tout le reste sera identique à ce qui a été prévu au devis du chauffage par l'eau chaude à basse pression.

La *chaufferie* comprendra :

1 réchauffeur	5.000 fr.
Collecteurs et robinets 600 + 500	1.400 »
Réservoir d'expansion et sa tuyauterie 500 + 400	900 »
Calorifuge 18 mètres carrés	200 »
Raccordement de l'échappement, purge, etc.	500 »
Total	7.700 fr.

au lieu de 17.000, soit, en moins : 9.300 francs.

Et l'ensemble du chauffage coûtera :

$$78.300 - 9.300 = 69.000 \text{ fr.}$$

Soit par mètre cube chauffé :

$$\frac{69.000}{89.770} = 0 \text{ fr. } 768.$$

ou par calorie-heure utile :

$$\frac{69.000}{753.645} = 0 \text{ fr. } 0915.$$

Quant à la dépense du fonctionnement, elle sera absolument nulle.

Si nous avions employé de la vapeur à haute pression, le serpentin eût été plus petit, puisque la température de la vapeur est plus élevée.

Il eût été utile de placer un régulateur de température pour empêcher l'eau de monter au-dessus de 90-95°, ou même de se vaporiser. Il existe nombre de régulateurs, nous n'aurions eu que l'embarras du choix.

CHAPITRE XVIII

CHAUFFAGE PAR PULSION D'AIR CHAUD VENTILATION. HUMIDIFICATION

L'étude du chauffage par pulsion d'air chaud est inséparable de l'étude de la ventilation.

Quand on envoie dans un local un certain volume d'air, chauffé ou non, on peut bien admettre qu'il s'établira dans ce local une certaine surpression; mais, comme les parois ne sont jamais complètement étanches, comme il existe toujours des fuites, ne fût-ce que par les joints des fenêtres et des portes, cette surpression tend à faire évacuer du local ainsi ventilé un certain volume d'air, dont le maximum est égal au volume de l'air insufflé d'autre part.

On peut donc dire que, lorsqu'on insuffle de l'air pur dans un local, on favorise par cela même l'évacuation d'une égale quantité d'air contenu dans ce local, et qui, par conséquent, est probablement moins pur.

On peut dire encore que, lorsque l'air ainsi insufflé est à une température plus élevée que la température du local, comme l'air qui s'évacue d'autre part est à la température même de ce local, l'air qui arrive apporte plus de calories que n'en peut emporter l'air qui s'évacue; et, par conséquent, on peut réaliser ainsi le chauffage du local considéré en proportionnant convenablement le volume et la température de l'air insufflé.

Restent à déterminer les positions des ouvertures d'admission d'air pur et d'évacuation d'air vicié les plus convenables pour assurer une ventilation parfaitement hygiénique.

On remarquera tout d'abord que nous donnons nettement la préférence à la ventilation par insufflation mécanique d'air pur, et évacuation libre naturelle d'air vicié. Nous n'aimons pas les ventilations par aspiration mécanique d'air vicié, et entrée libre d'air pur, parce qu'elles favorisent les courants gênants qui se produisent aux fissures des portes et des fenêtres, et parce qu'elles ne permettent pas aussi facilement d'aller chercher l'air à l'endroit où on le trouve le plus pur, de le tamiser ou le filtrer, de l'humidifier, etc.

Quand le trop grand volume demandé pour la ventilation oblige à employer un aspirateur pour évacuer l'air vicié, soit pour ne pas avoir de cheminées d'évacuation trop nombreuses ou trop importantes, soit pour évacuer l'air en un seul point de l'édifice et ne pas gêner les voisins par les émanations ou les buées, il faut régler les débits pour que le ventilateur soufflant insuffle un peu plus d'air pur que le ventilateur aspirant n'enlève d'air vicié.

En un mot, il faut toujours tendre à maintenir en légère sur-



précisément la salle qu'on désire ventiler. L'introduction d'air pur doit toujours être faite par insufflation.

Il nous faut maintenant être les positions respectives des admissions d'air pur et des évacuations d'air vicié?

On remarquera tout d'abord que, en hiver, l'air chaud tendant toujours à se cantonner à la partie haute d'un local chauffé, en

En nous reportant au tableau de calculs du chapitre IV, nous verrons pour chacun des locaux quelles sont les calories à fournir pour compenser les pertes par les parois, et quelle devrait être la température de l'air à l'arrivée pour équilibrer ces pertes, malgré l'évacuation d'un volume égal, sortant à la température des locaux. Nous dresserons le tableau ci-après :

	GRAND ATELIER	BATIMENT DES LAVABOS			BATIMENT D'ADMINISTRATION				
		Magasin d'exposition	Réfectoire	Lavabos	Magasin d'exposition	Hall	Bureaux 1 ^{er} étage	Bureaux 2 ^e étage	
Température demandée.	15°	15°	15°	15°	15°	18°	18°	18°	
Température extérieure.	0	0	0	0	0	5	5	5	
Volume à chauffer.	72,340 ^{m³}	2,250 ^{m³}	662 ^{m³}	1,980 ^{m³}	4,140 ^{m³}	3,000 ^{m³}	2,700 ^{m³}	2,700 ^{m³}	
Ventilation demandée par heure	7,234	2,250	662,5	3,960	4,140	3,000	2,700	2,700	
Pertes en calories par heure :	Par les parois.	416,590	15,373	10,775	36,570	15,850	31,670	22,462	61,027
	Par la ventilation	33,310	10,362	3,050	18,235	19,065	21,180	19,063	19,063
	Totales.	449,900	25,735	13,825	54,805	34,915	52,850	41,525	80,090
Volume d'air capable d'abandonner ces calories :	à 70°.	21,672 ^{m³}	910 ^{m³}	638 ^{m³}	2,165 ^{m³}	939 ^{m³}	1,984 ^{m³}	1,607 ^{m³}	3,822 ^{m³}
	à 55°.	33,924	1,251	877	2,978	1,290	2,788	1,977	5,372

raison de sa densité plus faible, l'idée toute naturelle est d'évacuer par la partie inférieure des locaux l'air refroidi.

Mais évacue-t-on bien ainsi l'air vicié ?

Il faut se rendre compte que presque tous les gaz ou vapeurs nocifs ou gênants pour l'organisme ont une densité supérieure à celle de l'air (bioxyde d'azote, acide sulfhydrique, acide chlorhydrique, protoxyde d'azote, acide carbonique, cyanogène, acide sulfureux, chlore, acide iodhydrique, vapeur d'eau, etc.). Tous ces produits se cantonneront donc à la partie inférieure des locaux, et c'est là qu'il faut les évacuer.

Cependant, certains (hydrogène 0,0693, hydrogène protocarbonate 0,559, gaz ammoniac 0,5967, oxyde de carbone 0,9569, azote 0,9714) sont plus légers que l'air, quelques-uns même très sensiblement. On n'atteindra donc certainement pas l'évacuation complète en plaçant en bas les ouvertures de sortie, dans les ateliers où la fabrication produit certains de ces gaz, et le mieux sera de tâcher de les empêcher de se mélanger à l'atmosphère de l'atelier, en enveloppant de capotes, munies de cheminées d'évacuation spéciales, les appareils, bassins ou machines où ils ont tendance à se produire.

Et on s'efforcera de créer une atmosphère salubre à hauteur de respiration du personnel en plaçant à cette hauteur, et au plus à 2^m.50, les ouvertures d'insufflation d'air pur.

Les schémas (fig. 97 et 98) montrent comment le problème

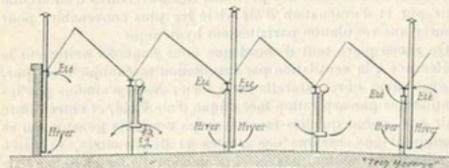


Fig. 97. — Schéma de ventilation mécanique. (Grand atelier.)

pourra être réalisé, partout où la disposition des ateliers ou des bureaux permettra de placer les tuyauteries en élévation.

Les entrées d'air pur seront à 2 m. ou 2^m.50 au-dessus du sol. Les évacuations d'air vicié seront au niveau du sol pendant la saison d'hiver, et à la partie haute du bâtiment pendant la saison d'été.

Examinons maintenant comment nous pourrions réaliser le problème du chauffage.

Nous avons pris à dessein ces deux températures de 70° et 55°, parce que la première est celle que nous pourrions obtenir par un calorifère à feu direct, ou par l'utilisation de gaz perdus de foyers industriels, tandis que la seconde est celle que nous obtiendrions avec une batterie chauffée par la vapeur.

1^{er} Cas : Température, 70° — On remarquera de suite que nous serions obligés de faire débiter au ventilateur un volume d'air beaucoup plus grand que celui demandé pour la ventilation,

dans le grand atelier et les bureaux du 2^e étage, tandis que la ventilation serait notoirement insuffisante dans les autres bâtiments.

2^e Cas : température 55°. — Cet inconvénient serait encore augmenté, puisque la température de l'air serait plus basse, pour le grand atelier et les bureaux du 2^e étage.

Il en résulterait une dépense de combustible et de force motrice trop importante.

Nous éludons la difficulté comme suit :

1^o Grand atelier. Nous supposons que l'atmosphère n'est pas viciée, sans quoi il n'y aurait pas d'autre solution que de débiter le volume d'air trouvé par le calcul précédent. Nous reprendrons par l'aspiration du ventilateur un certain volume d'air dans l'atelier, que nous mélangerons avec le volume d'air de 7,234 m³ demandé pour la ventilation et pris à l'extérieur, et nous réchaufferons l'ensemble avant de l'envoyer à nouveau dans l'atelier.

Cette disposition nécessitera un groupe de chauffage et ventilation spécial pour l'atelier, et un filtre ou un laveur d'air pour débarrasser éventuellement de ses poussières l'air ainsi aspiré.

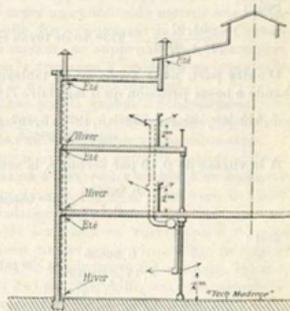


Fig. 98. — Schéma de ventilation mécanique. (Magasin d'exposition, bureaux, hall.)

On fera ensuite un chauffage pour l'ensemble des autres locaux. Comme pour ceux-ci, la ventilation trouvée par notre calcul serait insuffisante, on complètera en ajoutant au volume trouvé pour l'air à 70° ou à 55° un certain volume envoyé à la température des salles à chauffer.

Le tableau ci-après indiquera la méthode à suivre pour le grand atelier.

VOLUME demandé par heure pour la ventilation 1/10 du volume total	AIR PUR pris à l'extérieur à 0°, chauffé à + 70° et envoyé dans l'atelier mélangé avec l'air repris		AIR REPRIS dans l'atelier à + 15°, chauffé à + 70° et renvoyé dans l'atelier mélangé avec l'air pur		CALORIES totales à fournir (3) + (4)	DÉBIT du ventilateur (1) + (2)
	Volume V ¹ (1)	Calories à fournir (2)	Volume V ² (2)	Calories à fournir (4)		
1^{er} CAS : Chauffage par l'air à + 70°.						
7.234 ^{m³}	7.234 ^{m³}	155.456	17.438 ^{m³}	294.444	449.900	24.672
2^e CAS : Chauffage par l'air à 55°.						
7.234 ^{m³}	7.234 ^{m³}	122.156	26.690 ^{m³}	327.754	449.900	33.924

On pourrait, par un calcul analogue, déterminer le volume d'air à 70° ou 55°, mélangé avec de l'air à plus basse température, qui il serait nécessaire d'envoyer dans chacun des autres locaux, mais on arriverait ainsi à une installation assez compliquée.

On a remarqué en effet, dans les calculs de pertes de calories par les parois (chap. V), qu'aucun de ces locaux n'a le même coefficient de perte par mètre cube chauffé. On aurait donc besoin d'envoyer de l'air à une température différente dans chaque local, ce qui serait assez compliqué, puisqu'il faudrait un réseau de canalisation d'air spécial pour chacun.

On simplifiera en prenant une température uniforme pour l'air insufflé, et en faisant varier simplement le volume. On arrivera ainsi au même résultat au point de vue des calories transmises, mais la ventilation sera plus importante qu'il ne serait nécessaire, ce qui ne peut qu'améliorer les conditions d'hygiène.

En prenant, par exemple, de l'air arrivant à + 50° aux bouches de chaleur, et évacué à la température des locaux, 15 ou 18° suivant les cas, on arrive au tableau ci-après :

DÉSIGNATION DES LOCAUX	VOLUME des locaux chauffés	VENTILATION demandée par heure (1)	TEMPÉRA-TURE demandée	CALORIES à fournir pour compenser les pertes par les parois (3)	VOLUME d'air à 50° correspondant (2)	CALORIES emportées par ce volume d'air sortant à la température du local (4)	CALORIES totales à fournir pour amener cet air à + 50° (3) + (4)	OBSERVATIONS Le volume d'air de la colonne (3) comparé à celui demandé colonne (1) est :
Bâtiment des Lavabos :								
Magasins d'Exposition.	2.250 m ³	2.250 m ³	15°	15.373	1.430 m ³	6.611	21.984	faible 64 %
Réfectoire	662 ^{m³} ,5	662 ^{m³} ,5	15	10.775	1.003	4.612	15.387	fort 151 %
Lavabos	1.980 m ³	3.960 m ³	15	36.570	3.403	15.635	52.205	faible 86 %
Bâtiment d'Administration :								
Magasins d'Exposition.	4.140	4.140	15	15.850	1.475	6.792	22.642	faible 36 %
Hall	3.900	3.900	18	31.670	3.126	17.274	48.944	bien 104 %
Bureaux 1 ^{er} étage.	2.700	2.700	18	22.462	2.217	12.254	34.714	faible 82 %
Bureaux 2 ^e étage	2.700	2.700	18	61.027	6.023	33.283	94.302	très fort 223 %

Le volume que devra débiter le ventilateur par heure sera de 18.677 m³, alors qu'on nous en demandait pour la ventilation 19.412 m³, ce qui, en moyenne, revient sensiblement au même; mais les Magasins d'Exposition ne seront pas assez ventilés, tandis que les bureaux du 2^e étage le seront beaucoup trop. Quant aux calories à fournir, le total sera 290.174, tandis que

le calcul en indiquait 303.745, ce qui est sensible-ment en de- chose.

Chauffage par aéro-calorifères.

Si on ne dispose d'aucune chaleur perdue, la solution la plus économique sera certainement le calorifère à air chaud, avec joints spéciaux à brides et rondelles d'amiante, rivure très serrée, ou mieux soudure autogène des joints.

Le calcul sera identique à celui indiqué au chapitre VI; nous le résumons, du reste, dans le tableau ci-dessous :

	GRAND ATELIER	GRUPE des autres locaux
Calories à fournir par heure	449.900	303.745
Volume à débiter :		
Par heure.	70° { 24.672 m ³	50° { 18.677 m ³
Par seconde.	6 ^{m³} ,853	5 ^{m³} ,188
Volume aspiré à l'intérieur :		
Par heure.	17.438 m ³	"
Par seconde.	4 ^{m³} ,844	"
Volume aspiré à l'extérieur :		
Par heure.	7.234 m ³	18.677
Par seconde.	2 ^{m³} ,009	5 ^{m³} ,188
Coke à brûler (3.853,6 calories par kilog.)	116 ^{kg} ,75	78 ^{kg} ,82
Surface de grille (50 kg. par mètre carré).	2 ^{m²} ,335	1 ^{m²} ,576
Diamètre correspondant	2 foyers de 1 ^m ,20	2 foyers de 1 ^m ,00
Section de la cheminée (une seule)		
S. grille	0 ^{m²} ,66	"
Diamètre correspondant	0 ^m ,80	"
Section de la prise d'air (vitesse de l'air 10 mètres par seconde) :		
Extérieure.	0 ^{m²} ,20	0 ^{m²} ,52
Intérieure.	0 ^{m²} ,184	"
Dimension correspondante	0,45 × 0,45	0,75 × 0,75
"	0,70 × 0,70	"
Section du collecteur principal d'air chaud (en tenant compte de la dilatation de l'air).	0 ^{m²} ,86	0 ^{m²} ,65
Dimension correspondante	0,93 × 0,93	0,75 × 0,75

Observation. On réduira la vitesse de 10 mètres à 5 mètres au fur et à mesure de l'éloignement.

La figure 90 représente en schéma les conduites d'insufflation d'air chaud et la conduite de rappel d'air pour le grand atelier, avec le calcul des sections pour des vitesses d'air allant en décroissant depuis le ventilateur (environ 10 m.), jusqu'à l'extrémité (environ 5 m.), afin de réduire les résistances dans une proportion convenable. Une pression de 70 mm. d'eau

ULTIMHEAT®

VIRTUAL MUSEUM

au ventilateur, il suffit généralement de calculer les résistances, et d'être pourvu d'une puissance absorbée de 13 chevaux environ. En prenant un ventilateur Ser, de la série à moyenne pression, débitant ce volume avec une vitesse d'écoulement d'environ 10 m. à la buse, on aurait un ventilateur de 1^m,600 de

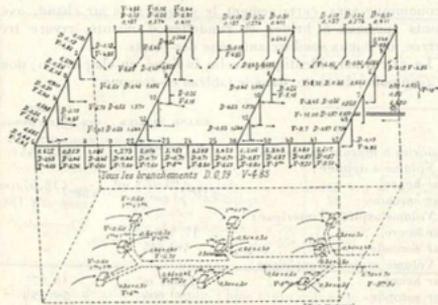


Fig. 99. — Schéma de chauffage de l'usine type par insufflation mécanique d'air chaud. (Grand atelier.)

diamètre de turbine, buse de $0,80 \times 0,80$, et 2 œillards d'aspiration de chacun 0,96 de diamètre.

Par analogie, la figure 100 représente schématiquement les conduites d'insufflation d'air chaud du bâtiment d'administration et du bâtiment des lavabos.

Une pression de 50 mm. résulterait du calcul, ce qui correspondrait à une puissance absorbée de 7 chevaux, et à un ventilateur de 1^m,40, ayant une buse de refoulement de $0,70 \times 0,70$ et 2 œillards d'aspiration de chacun 0^m,84 de diamètre.

Ces schémas se comprennent d'eux-mêmes, et n'ont pas besoin d'être expliqués.

Dans le grand atelier, les conduites d'air chaud sont suspendues sous les fermes; les branchements descendent le long des

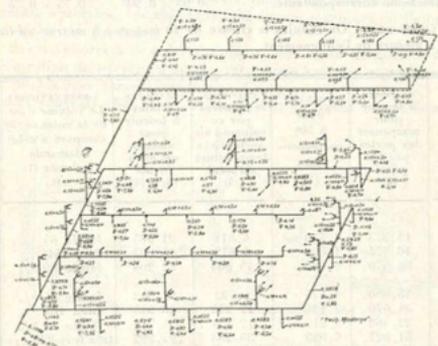


Fig. 100. — Schéma de chauffage de l'usine type par insufflation mécanique d'air chaud. (Magasins d'exposition, hall, bureaux, lavabo, réfectoire.)

colonnes, et se terminent à 2^m,50 du sol par des bouches d'émission d'air chaud, dont les sections sont calculées pour que la vitesse de sortie ne dépasse pas 0^m,50 à 1 m. par seconde.

Les bouches d'aspiration sont placées au niveau du sol, au nombre de 9, et leurs sections sont calculées pour des vitesses

analogues; les carnaux de rappel d'air sont construits en maçonnerie dans le sol.

Pour les autres bâtiments, les conduits d'air chaud sont suspendus sous plafond des Magasins d'Exposition, et des branchements verticaux descendants et montants distribuent l'air chaud à 2 m. ou 2^m,50 de hauteur au-dessus des planchers des divers locaux.

Dans les deux cas les évacuations d'air vicié se feront par des bouches à hauteur du parquet pendant la saison d'hiver, et sous

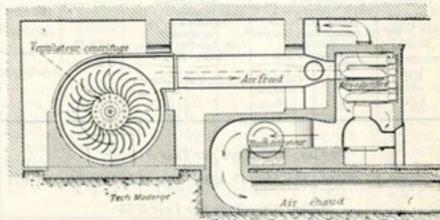


Fig. 101. Schéma type d'un aéro-calorifère.

plafond pendant la saison d'été, et par des conduits verticaux débouchant librement sur le toit.

La figure 101 montre un groupe d'appareils à la chaufferie. Un ventilateur à force centrifuge refoule l'air sur un calorifère à un ou plusieurs foyers, où il s'échauffe. Il passe ensuite dans un saturateur, où il s'humidifie, pour aller enfin, par un carneau, rejoindre les conduits de distribution d'air chaud.

L'air aspiré à l'extérieur arrive au ventilateur par un carneau aboutissant aux œillards.

Pour l'atelier, ce carneau se raccorde à celui amenant l'air de rappel, et peut traverser d'abord un filtre, ou un laveur d'air analogue à ceux que nous avons décrits au chapitre vi (Calorifères à air chaud), de manière à se débarrasser de ses poussières.

L'humidificateur peut être complété par un petit distributeur (fig. 102), permettant l'introduction dans l'eau d'une petite quantité de désinfectant, si on le juge utile, ou de tout autre produit destiné à absorber les gaz désagréables ou nuisibles qu'on aurait pu trouver dans l'air rappelé de l'atelier (lait de chaux pour l'acide carbonique, etc.).

On remarquera que nous insufflons avec le ventilateur sur le calorifère. Nous préférons de beaucoup cette disposition à celle qui consiste à aspirer l'air sur le calorifère, pour plusieurs raisons.

D'abord il est toujours mauvais de faire passer de l'air chaud dans un ventilateur, parce que la chaleur, se transmettant par conductibilité de l'arbre aux paliers, peut produire des grippements dans les coussinets.

Ensuite, et surtout, si l'étanchéité du calorifère n'est pas rigoureuse, on risquerait d'aspirer avec l'air un peu de produits de la combustion. En insufflant, au contraire, comme la pression de l'air du ventilateur est toujours de beaucoup supérieure à celle qui existe à l'intérieur des conduits de fumée du calorifère, c'est l'air qui pénétrerait dans cet appareil. Il éteindrait même les foyers si les joints étaient trop défectueux.

Il faut donc toujours insuffler, et ne jamais aspirer.

Le devis peut se résumer comme suit :

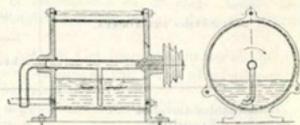


Fig. 102. — Distributeur de liquide antiseptique pour humidificateur.

1^{re} CHAUFFERIE.

Groupe de l'atelier :

2 calorifères partie en fonte, 3.000 kg	2.000 fr.
partie en tôle, 3.000 kg	3.000 »
— amiante boulons, accessoires	
divers	400 »
Maçonnerie d'enveloppe en briques, chicane, intérieurs, filtres, etc	1.500 »
Saturateur et ses accessoires	800 »
Carneau d'aspiration d'air à l'extérieur	500 »
Carneaux de rappel d'air à l'intérieur	4.500 »
9 grilles de rappel sur ces conduits	900 »
Ventilateur aspirant et soufflant de 1 m. 600.	1.800 »
Ensemble	15.400 fr.

Groupe des bâtiments d'administration et des lavabos :

2 calorifères partie en fonte, 2.500 kg	1.500 fr.
partie en tôle, 2.000 kg	2.000 »
— amiante, boulons, etc.	400 »
Maçonnerie d'enveloppe, chicane, etc.	1.500 »
Saturateur et ses accessoires	700 »
Carneau d'aspiration d'air à l'extérieur	450 »
Ventilateur aspirant et soufflant de 1 m. 400.	1.450 »
Ensemble	8.000 fr.

Cheminée semblable à celle des autres chauffages	3.400 fr.
Transmission, arbre, chaises, paliers, poulies, courroies.	500 »

Force motrice : Nous supposons que l'usine dispose d'une installation de force motrice par le gaz pauvre, dépensant 0 kg. 500 de charbon par cheval et par heure (charbon d'Anzin à 31 fr. la tonne) ; nous ne comptons donc pas de dépense d'installation de force motrice.

Total chaufferie 27.300 fr.

2^e GRAND ATÉLIER.

Conduits en tôle galvanisée, de 1 mm. à 2 mm. 5 d'épaisseur suivant diamètre ; développement 580 m. environ ; poids 12.000 kg.	9.600 fr.
Consoles et colliers de support	1.500 »
Registres de réglage du débit des conduites, 50.	250 »
Bouches à soufflet en tôle, avec boîtes de support formant détendeurs d'air, 50.	650 »
30 cheminées de ventilation de 0 m. 25 de diamètre, hauteur 8 m.	2.000 »
Total Grand Atelier	14.000 fr.

3^e BATIMENTS D'ADMINISTRATION ET DES LAVABOS.

Conduits en tôle galvanisée, développant 430 m. et pesant environ 5.000 kg.	4.000 fr.
Consoles et colliers de support	800 »
Registres de réglage, 130	520 »
Bouches à soufflet, 82	820 »
Bouches d'évacuation (les conduits existant dans la maçonnerie ne sont pas prévus en dépense), 150	1.500 »
Total Bâtiments	7.640 fr.

RÉCAPITULATION.

Chaufferie	27.300 fr.
Grand Atelier	14.000 »
Bâtiments d'Administration et des Lavabos	7.640 »
Total général	48.940 fr.

Ce qui représente par mètre cube chauffé :

$$\frac{48.940}{89.770} = 0 \text{ fr. } 545,$$

et par calorifère-heure utile :

$$\frac{48.940}{753.645} = 0 \text{ fr. } 0649.$$

La mise en route du matin sera très rapide ; elle n'excédera certainement pas deux heures, et la marche journalière ne dépassera pas dix heures par les temps les plus froids. On peut admettre un maximum de dépense de :

Force motrice :

$$13 + 7 = 20 \text{ chevaux, à } 0^{\text{e}}, 6 \text{ par cheval-heure, et } 31 \text{ fr. la tonne : } 0,6 \times 20 \times 12 \times 0 \text{ fr. } 031. \quad 4 \text{ fr. } 47$$

Coke :

$$(116,75 + 78,82) \times 12 = 2.350 \text{ kg. à } 1 \text{ fr. } 60 \text{ l'hectolitre de } 55 \text{ kg.} \quad 68 \text{ fr. } 33$$

$$\text{Total par jour} \quad 72 \text{ fr. } 89$$

Moyenne de l'hiver 1/2 à 2/3, soit 42 fr. 50 ou, par mètre cube chauffé et par jour :

$$\frac{42,50}{89,770} = 0 \text{ fr. } 000473$$

et par calorifère-heure utile :

$$\frac{42,50}{753645} = 0 \text{ fr. } 00005671.$$

Cette dépense est très réduite ; nous aurions pu la réduire encore si nous avions utilisé la chaleur perdue de l'échappement des moteurs à gaz, ainsi que celle contenue dans l'eau de refroidissement de leurs cylindres, comme nous l'expliquons plus loin.

Chauffage par utilisation de chaleur perdue de foyers industriels.

On peut vraiment appeler ce chauffage l'utilisation des déchets industriels de chaleur.

Tous les foyers industriels (fours à réchauffer, étuves, réchauffeurs d'eau, chaudières de toutes natures, etc., etc.), laissent échapper des gaz dont la température varie de 400 à 200°, pour descendre rarement à cette dernière température.

Si on peut admettre qu'il est impossible de refroidir complètement ces gaz, parce que le tirage des foyers devrait être ensuite assuré mécaniquement par des ventilateurs, on sait par expérience que cette haute température n'est pas nécessaire, qu'avec une cheminée convenable 100° suffiraient amplement, et qu'on pourrait très bien même descendre au-dessous de cette température.

Or, 1 kg. de charbon produit en moyenne 4.000 calories, alors que théoriquement il en contient au moins 8.000, ce qui fait 4.000 calories perdues.

Supposons qu'en ramenant de 300 à 100° la température des gaz, on récupère les 2/3, soit en chiffres ronds 2.600 calories par kilogramme de charbon brûlé, on peut réaliser de ce fait une économie importante.

En effet, pour les 753.645 calories qui nous sont nécessaires, il suffirait de réutiliser les gaz de la combustion de $\frac{753.645}{2.600} = 290 \text{ kg.}$ de charbon brûlés par heure.

Une installation de ce genre est très facile à réaliser. Il suffit de ramener à une même cheminée d'usine toutes les fumées, et d'intercaler sur le carneau un ou plusieurs coffres, que l'on fait traverser par les gaz chauds, et autour desquels circule l'air insufflé par le ventilateur. Un dispositif de by-pass, muni de registres, permet d'envoyer tout ou partie seulement de ces gaz dans les coffres réchauffeurs, de manière à donner à l'air insufflé, à sa sortie de ces véritables calorifères, la température requise.

Remarquons que rien n'empêche d'utiliser les fumées des



divers appareils, dans des réchauffeurs séparés, si des raisons spéciales empêchent le mélange. L'air refoulé par le ventilateur passerait successivement autour de chacun d'eux, en commençant par les moins chauds, de manière que sa température aille en augmentant peu à peu.

Il est impossible de préciser une telle installation, qui varie d'une usine à l'autre. On peut dire que la dépense d'établissement serait la même, sensiblement, que celle que nous venons de calculer pour les calorifères à feu nu. Quant à la dépense de fonctionnement, elle se réduirait à la force motrice employée à faire fonctionner les ventilateurs.

Elle serait donc au maximum 4 fr. 47 par jour, comme dans l'installation précédente, soit en moyenne 2 fr. 61, ou $\frac{2.61}{89.770} = 0.000290$ par mètre cube chauffé, ou 0 fr. 0000288 par calorie-heure utile.

Ceci, bien entendu, à la condition que les foyers industriels dont on récupère la chaleur soient en marche continue, ou tout au moins en marche avant l'ouverture des ateliers, pour qu'on puisse faire la mise en régime et établir la température demandée à l'heure d'arrivée des ouvriers.

En cas contraire, il faudrait ajouter des foyers spéciaux pour la mise en régime, et compter leur dépense de fonctionnement le matin.

Utilisation des chaleurs perdues par les moteurs à gaz, à pétrole, etc.

Les moteurs à gaz des bons systèmes, fonctionnant avec compression, dépensent de 900 à 500 litres par cheval et par heure.

En prenant le rendement maximum, soit 500 litres, et en admettant que la puissance calorifique de 1 m³ de gaz soit de 5.750 calories, la dépense en calories par cheval et par seconde est de $\frac{0.5 \times 5.750}{3.600} = 0.8$.

En se reportant à l'équivalent mécanique de la chaleur, 1 calorie = 424 kgm., on déduit $0.8 \times 424 = 339$ kgm. par cheval, ce qui veut dire que, 75 kgm. étant le coefficient de transformation en puissance, $339 - 75 = 264$ kgm., soit 77,90 % sont perdus en chaleur.

Donc, par cheval-heure, avec les meilleurs moteurs à gaz, on perd $0.5 \times 5.750 \times 0,779 = 2.239$ calories.

Si on pouvait récupérer toutes ces calories, les pertes par un moteur de $\frac{753.645}{2.239} = 336$ chevaux suffiraient pour le chauffage de notre usine-*type*.

Avec les moteurs à gaz pauvre, on peut faire un calcul analogue. Nous trouvons, dans le catalogue des gazogènes Pierson, les résultats d'un essai fait par le Laboratoire officiel d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers, dont nous pouvons extraire :

Combustible employé : Charbon maigre d'Anzin.

Puissance calorifique : 7.520 calories par kilogramme de charbon brut.

Consommation par cheval-heure effectif : 0 kg. 568 de charbon brut.

Température des gaz d'échappement : 539 à 587°.

1 cheval par seconde absorbe donc :

$$\frac{7.520 \times 0,568}{3.600} = 1 \text{ calorie } 1865.$$

Ce qui correspond à :

$$1,1865 \times 424 = 503 \text{ kilogrammètres.}$$

La perte en chaleur est de :

$$503 - 75 = 428 \text{ kilogrammètres.}$$

Soit 85 % ou :

$$0,568 \times 7.520 \times 0,85 = 3.600 \text{ calories.}$$

Si on pouvait récupérer toutes ces calories, les pertes par un moteur de $\frac{753.645}{3.630} = 208$ chevaux, suffiraient à chauffer notre usine.

Avec les moteurs à pétrole, la consommation est d'environ 0,600 litre, soit 0 kg. 49, de pétrole par cheval-heure.

En admettant une puissance calorifique de 11.000 calories pour le pétrole, 1 cheval par seconde absorbe donc :

$$\frac{11.000 \times 0,49}{3.600} = 1 \text{ calorie } 197.$$

soit :

$$1,197 \times 424 = 634,8 \text{ kilogrammètres.}$$

La perte en chaleur est de :

$$634,8 - 75 = 557,8 \text{ kilogrammètres.}$$

soit 87,87 % ou :

$$11.000 \times 0,49 \times 87,87 = 4.736 \text{ calories.}$$

Et, si on pouvait récupérer toutes ces calories, les pertes par un moteur de $\frac{753.645}{4.736} = 160$ chevaux suffiraient à chauffer notre usine.

Examinons comment sont composées ces pertes.

La chaleur se perd :

1° par l'eau employée au refroidissement du cylindre ;

2° par la chaleur emportée dans l'échappement.

La température de l'eau de circulation ne peut dépasser 60 à 75° à la sortie de l'enveloppe du cylindre. Admettons 60°, la température à l'entrée étant 15°. Chaque litre d'eau emporte donc 60 - 15 = 45 calories ; or, il est d'usage de compter 35 litres d'eau par cheval-heure : la perte est donc $45 \times 35 = 1.575$ calories par cheval-heure par l'eau de circulation.

Remarquons de suite qu'en refroidissant l'eau on pourrait plus facilement employer la circulation par thermosiphon pour les gros moteurs, pour lesquels il est d'usage de perdre l'eau de circulation, ce qui représenterait une nouvelle économie.

Pour les gazogènes à gaz pauvre, on l'envoie généralement au foyer du gazogène : les calories qu'elle contiendrait encore ne seraient pas perdues.

Le reste des calories perdues s'en va dans l'échappement, qui, pour les installations de gaz pauvre, se compose principalement d'acide carbonique, oxygène en excès, azote, un peu d'oxyde de carbone et d'hydrogène, et, quelquefois, des traces de méthane. Nous avons vu précédemment qu'avec le gazogène Pierson la température est de 539 à 587°.

Le récupérateur se composerait simplement de deux serpents, l'un contenant l'eau de circulation, sur lequel passerait l'air le moins chaud, l'autre contenant l'échappement, sur lequel arriverait l'air déjà un peu réchauffé par le précédent serpent.

Avec les procédés actuels de soudure autogène, on n'aurait pas à craindre les fuites de ces serpents, et, du reste, celles-ci n'auraient d'inconvénient que pour le moteur, comme nous l'avons expliqué précédemment.

On créerait un dispositif de by-pass pour envoyer l'échappement à l'atmosphère à la mise en route, ou en cas d'excès de température, et on mettrait un siphon au pied de l'échappement pour évacuer l'eau, en cas de combinaison d'oxygène et d'hydrogène pendant le refroidissement.

Au cas où on craindrait le contact direct de l'air insufflé avec le serpent des gaz de l'échappement, soit par raison d'étanchéité, malgré notre remarque ci-dessus, soit parce que la tempé-

rateur est trop élevée, rien ne serait plus facile que de placer le serpent dans une cuve d'eau, le liquide s'échauffant par contact, et de faire traverser cette cuve par des tuyaux dans lesquels circulerait l'air insufflé par le ventilateur.

On aurait ainsi un chauffage parfaitement hygiénique, et peut-être un rendement encore meilleur.

Il n'est pas téméraire d'admettre que 60 à 70 % de la chaleur perdue serait récupérée, ce qui est un résultat extrêmement intéressant.

Bien entendu, si on n'avait pas assez de force motrice, l'addition d'un calorifère à la suite produirait le complément de calories nécessaires.

Admettons, pour fixer les idées, que notre force motrice est à gaz pauvre, et représente 300 chevaux, nous aurons assez de calories pour chauffer toute notre usine.

Dans notre devis d'installation par aéro-calorifères, montant à 47.940 francs, nous avons estimé les calorifères et leur cheminée à :

$$2.000 + 3.000 + 500 + 1.500 + 2.000 + 500 + 3.400 = 12.700.$$

Nos serpentins ne coûteraient certainement pas plus de 5 à 6.000 francs, et la dépense d'installation serait ramenée à 43.000 francs environ.

Ce qui représenterait, par mètre cube chauffé :

$$\frac{43.000}{89.770} = 0 \text{ fr. } 479.$$

et par calorie-heure utile :

$$\frac{43.000}{753.645} = 0 \text{ fr. } 057$$

Quant à la dépense de fonctionnement, elle se réduirait à la force motrice, soit 2 fr. 61 par jour, ou 0 fr. 000029 par mètre cube chauffé, ou 0 fr. 00000346 par calorie-heure utile.

Utilisation de la vapeur d'échappement.

L'utilisation de la vapeur d'échappement, telle que nous l'avons prévue au chapitre XIII, au moyen de surfaces placées directement dans les locaux, présente l'inconvénient de nécessiter une petite contrepulsion au cylindre du moteur (100 à 300 grammes), sous peine d'avoir des canalisations très grosses et très coûteuses. De plus, elle n'assure qu'une ventilation relative.

L'utilisation à la pression égale ou inférieure à la pression atmosphérique supprime l'inconvénient de la contrepulsion, mais, par contre, oblige à des visites périodiques de joints, pour empêcher les entrées d'air qui nuiraient au fonctionnement de la pompe, et rendraient très difficile, sinon impossible, le maintien du vide partiel.

Ce dernier inconvénient serait encore plus grave avec les moteurs marchant à condensation, à cause du très grand nombre de joints, qu'il est facile de maintenir étanches à l'eau et à la vapeur, mais qu'il ne faut pas songer à maintenir étanches au vide, sous peine d'avoir un entretien coûteux.

L'utilisation en batteries soufflées, ou comme aéro-condenseurs, ainsi qu'on nomme très justement ces installations, est au contraire très facile.

L'installation est identique à celle de l'aéro-calorifère que nous avons décrite; il suffit de remplacer le calorifère spécial, autour duquel on souffle, par un dispositif dans lequel circulerait la vapeur, et autour duquel passerait l'air. On aura soin de placer convenablement des chicanes, pour que l'air soit aussi longtemps que possible en contact avec les surfaces, et prenne une température aussi élevée que possible.

Cette disposition favorisera éminemment la condensation de la vapeur, et on constituera ainsi un véritable condenseur par l'air.

Avec de l'échappement libre, il ne faut pas compter sur une température supérieure à 55 à 60° pour l'air ainsi chauffé.

Ceci ne changera rien à notre chauffage du bâtiment d'administration et du bâtiment des lavabos, mais nous pourrions y faire circuler un volume plus grand pour le chauffage de ces locaux, puisque l'air sera à température moindre.

Nous avons vu que pour la même quantité, soit 449.900 calories, au lieu de 24.672 m³ d'air, nous devons en faire circuler 33.924; notre schéma des conduites indique que les sections devront être majorées de 37,5 %, et que, par conséquent, les diamètres seraient augmentés de 17,27 %. Ce sera aussi l'augmentation de poids et de prix des tuyauteries en tôle, le devis sera, de ce fait, majoré d'environ 2.000 francs.

Les conduites de rappel d'air en maçonnerie seront aussi augmentées, dans une proportion que, sans entrer dans les détails, nous pouvons évaluer à 500 francs.

On pourra, pour l'échappement libre, constituer l'aéro-condenseur par de simples tuyaux à ailettes, groupés en batteries. Les tuyaux à ailettes ont des diamètres de 60, 70 ou 100 mm.; le calcul du volume de vapeur à faire circuler indiquera en combien de groupes on doit diviser les batteries pour que la section de passage soit suffisante. Il est bon de remarquer que, la condensation étant brusque, le vide tendra à se produire, par suite la vitesse d'écoulement de la vapeur sera grande, et il ne sera pas téméraire de compter 50 à 60 m. de vitesse, sinon plus, dans le calcul des sections.

Le poids de vapeur à faire circuler se calculera de la même manière que nous l'avons fait précédemment. Avec de la vapeur à 100°, on aura :

Pour l'atelier :

$$\frac{449.900}{537} = 837,8 \text{ kg. de vapeur.}$$

Pour les autres bâtiments :

$$\frac{303.745}{537} = 565,6 \text{ kg. de vapeur.}$$

D'autre part, si nous admettons une vitesse de circulation de 5 m. pour l'air au contact des tuyaux de vapeur, le coefficient de transmission pour des tuyaux à ailettes atteindra facilement 20 par degré d'écart entre la vapeur et l'air. L'air aura moins de 15° à l'entrée, 55° à la sortie, soit en moyenne 35°; la différence, 100 - 35 = 65°, nous donnera une transmission de 1.300 calories par mètre carré.

Les surfaces de chauffe à ailettes des batteries seront : pour l'atelier :

$$\frac{449.900}{1.300} = 346 \text{ m}^2.$$

Soit, en chiffres ronds, cent cinquante tuyaux de 1 m. de long et 2^m,30 de surface de chauffe par mètre.

Pour les autres bâtiments :

$$\frac{303.745}{1.300} = 233 \text{ m}^2.$$

Soit, en chiffres ronds, 100 m. du même tuyau.

Par comparaison avec les calorifères à air chaud, les batteries vaudront respectivement 4.500 et 3.000 francs, soit 7.500 francs, au lieu de :

$$2.000 + 3.000 + 500 + 1.500 + 2.000 + 500 + 3.400 = 12.700,$$

soit une économie de 5.200 francs.

En retranchant de cette économie 700 francs pour les tuyauteries, robinetteries, purgeurs, on trouve le chiffre de 4.500 francs, et en déduisant les 2.500 francs d'augmentation de conduites d'air chaud, on arrive finalement à une économie de 2.000 francs, qui ramène l'installation totale à 46.940, soit 47.000 francs, ou, par mètre cube chauffé :

$$\frac{47.000}{89.770} = 0 \text{ fr. } 523.$$



57 000
0 fr. 0623.

La dépense de fonctionnement sera nulle ou à peu près, puisque la vapeur d'échappement d'un moteur sera elle-même condensée dans la batterie. S'il s'agissait de l'échappement d'un moteur à condensation il serait plus difficile, et presque impossible, d'employer des surfaces à ailettes en fonte, en raison du grand nombre de joints de brides, qu'il serait difficile de garder étanches pour le vide au condenseur.

Il serait évidemment possible d'employer des surfaces à ailettes en fer, analogues à celles que nous avons décrites pour les chauffages à haute pression, puisque les joints vissés, au besoin munis de bagues intérieures en cuivre, peuvent être absolument étanches.

Pour les tout petits appareils, on peut employer des tuyaux en cuivre, à ailettes, analogues à ceux dont on se sert pour les radiateurs d'automobiles.

Les Américains emploient uniquement des tuyaux lisses en fer (fig. 103), montés à vis sur une base en fonte, et excessivement rapprochés l'un de l'autre, de manière à diviser le courant d'air en une infinité de lamelles, qui viennent au contact de surfaces toujours à la température de la vapeur dans toutes les sections.

La base, sur laquelle sont vissés ces tubes, est en deux parties; la vapeur arrive dans une de ces parties, sur laquelle sont branchés les tuyaux montants, puis redescend dans l'autre partie, qui contient surtout de l'eau de condensation. Chaque élément a son arrivée de vapeur, montée sur un collecteur d'arrivée général, et leur évacuations d'eau condensée, qui se rejoignent à l'intérieur de la base, pour se raccorder à une conduite générale.

On accole l'un à l'autre un certain nombre d'éléments, et on place le tout dans une chambre en maçonnerie, en tôle, en bois, qui forme chambre de chaleur, et peut prendre appui sur la base.

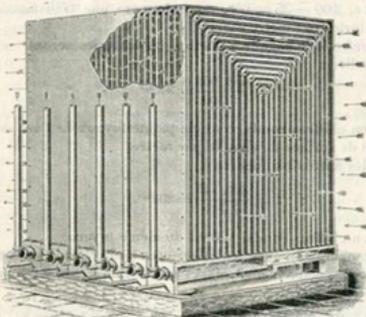


Fig. 103. — Aéro-calorifère à vapeur.

La figure 104 montre une installation de ce système. Un registre permet une disposition de by-pass, de manière à faire passer, si on le désire, une certaine quantité d'air froid hors du contact de la vapeur. Cet air se mélange à la sortie avec l'air chaud, dans un collecteur de distribution principal.

On peut encore, et c'est par là que nous terminerons, employer comme réchauffeur condenseur une chaudière tubulaire, analogue celle que nous avons décrite au chauffage de l'eau par la vapeur,

fig. 96. La vapeur d'échappement est envoyée dans le corps de la chaudière, et l'air traverse les tubes. On peut placer une ou plusieurs chaudières analogues dans une enveloppe en maçonnerie, de manière à ce que l'air insufflé circule, non seulement dans les tubes, mais aussi autour des corps de chaudières, profitant ainsi de toute la surface de chauffe.

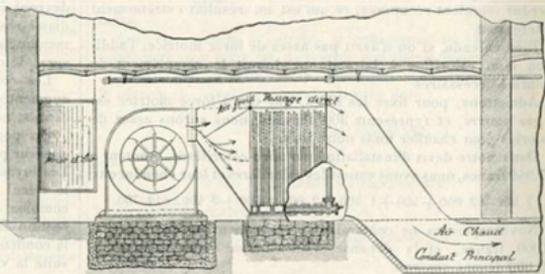


Fig. 104. — Schéma type d'un aéro-calorifère à vapeur.

Le calcul se ferait comme nous l'avons montré au chapitre XIII.

Supposons la vapeur à 1/2 atmosphère au-dessous de la pression atmosphérique, soit à 81°7, et l'eau évacuée au condenseur à cette température. Chaque kilogramme de vapeur abandonnera 549,4 calories, il faudra :

Pour le grand atelier :

$$\frac{459,900}{549,4} = 819 \text{ kg. de vapeur.}$$

Pour les autres bâtiments :

$$\frac{303,745}{549,4} = 552 \text{ kg. de vapeur.}$$

La différence entre la température de la vapeur, 87°5, et la température moyenne de l'air, $\frac{15 + 55}{2} = 35^\circ$ est de

$$87,5 - 35 = 52,5.$$

Le coefficient de transmission, avec une vitesse d'air de 5 m., atteindra facilement 35 par degré de différence, ce qui donne une transmission de $35 \times 52,5 = 1837,5$, ou en chiffres ronds 1,800 calories par mètre carré.

La surface de chauffe devra donc être :

Pour le grand atelier :

$$\frac{459,900}{1,800} = 255 \text{ m}^2.$$

Pour les autres bâtiments :

$$\frac{303,745}{1,800} = 170 \text{ m}^2.$$

La dépense d'installation et la dépense de fonctionnement seront sensiblement les mêmes qu'avec la vapeur à échappement libre.

VENTILATION ET HYGROMÉTRIE.

Il est facile de comprendre que les systèmes que nous venons de décrire peuvent fonctionner, quelle que soit la température que les appareils de chauffage donnent à l'air, et que, si on supprime complètement la source de chaleur, la ventilation est assurée par une insufflation d'air froid.



On peut aussi humidifier l'air, soit par des pulvérisateurs placés dans la prise d'air, soit par le saturateur de l'aéro-calorifère précédemment décrit, soit par tout autre système (réseau de ficelles ou de toiles, sur lesquelles on assure un écoulement d'eau, etc.).

Il faut se rappeler que toute humidification, c'est-à-dire toute évaporation d'eau, donne lieu à un abaissement de température, puisque l'eau qui se vaporise emprunte à l'air la chaleur latente de vaporisation qu'elle absorbe.

En effet, 1 kg. d'eau à T° transformé en vapeur à T° absorbe $(605,6 \times 0,305 t - T)$ calories.

On ne peut donc humidifier l'air sans le refroidir, et réciproquement, et lorsqu'on veut refroidir un atelier en insufflant de l'air humide, il faut avoir grand soin de ne pas atteindre le point de saturation.

Supposons que dans notre atelier, dont le volume est de 72,340 m³, la température atteigne 25° en été, et qu'on veuille la ramener à 20°, température extérieure.

Dans les filatures de laine, l'état hygrométrique peut monter jusqu'à 0,85 à 0,90, pour des nécessités de fabrication, mais dans les ateliers ordinaires il ne faut pas dépasser 0,60.

A 20°, le point de saturation est atteint lorsque l'air contient 17 gr. 18 d'eau; il ne faudra donc pas dépasser $17,18 \times 0,6 = 10$ gr. 308 d'eau par mètre cube.

Si on prend l'air extérieur à 25°, saturé à 0,3, et qu'on lui ajoute 5 grammes par mètre cube, après la saturation chaque mètre cube d'air contiendra (la saturation de l'air étant 22 gr. 07 à 25°):

$$(22,07 \times 0,3) + 5 = 11 \text{ gr. } 621.$$

Mais l'évaporation de 5 grammes d'eau à 25° a absorbé

$$(605,6 + 0,305 \times 25) \times 0,005 = 3 \text{ calories } 07$$

et a abaissé la température de $\frac{3,07}{0,307} = 10^\circ$.

L'air insufflé est donc à la température de $25 - 10 = 15^\circ$. La saturation à $+15^\circ$ étant 12 gr. 79, l'air contenant 11 gr. 621 est saturé à 90% .

Si nous débitons par heure 33.924 m^3 d'air ainsi refroidis à 15° , qui viennent prendre la place d'un égal volume évacué à 25° , au bout de la première heure, s'il n'y avait pas de cause d'élevation de température, l'air serait en moyenne à $20^\circ 31$.

Nous n'avons pas étudié les causes d'élevation de température de l'atelier, et le problème est assez complexe; il est probable néanmoins qu'elles ne représentent pas les $33.924 \times 10 \times 0,307 = 104.147$ calories que nous avons admises, et qu'il ne serait pas nécessaire d'ajouter un tel poids d'eau.

Nous 5 grammes par mètre cube représentent $33.924 \times 0,005 = 169$ kg. 2 par heure. Il serait facile de faire un calcul approximatif, et, par expérience, on déterminerait le poids exact d'eau en suivant les variations de la température et de l'état hygrométrique extérieurs.

CHAPITRE XIX

SYSTÈMES ET APPAREILS DIVERS COMPARAISON DES DIVERS SYSTÈMES APPLIQUÉS AU CHAUFFAGE DE L'USINE TYPE

Nous arrêtons là notre étude des procédés de chauffage des locaux industriels, sauf les quelques considérations ci-après.

Chauffage électrique.

Nous aurions pu dire quelques mots encore sur le chauffage électrique, mais l'exemple que nous avons choisi rendrait absolument ruineux le chauffage par cette méthode.

La transformation de l'électricité en chaleur se fait avec un rendement absolument parfait, puisqu'on compte ULTIMHEAT®
de l'énergie électrique transformée en chaleur en heures, mesurement, le coût de l'électricité est tel que, pour le moment, il est impossible de songer à l'employer industriellement au chauffage. Les ateliers et les bureaux des secteurs électriques eux-mêmes ne peuvent songer à l'utiliser.

1 kilowatt-heure correspond à peu près à 865,5 calories. Il faudrait donc :

$$\frac{449.900}{865,5} = 520 \text{ kilowatts-heure;}$$

pour les autres locaux :

$$\frac{303.745}{865,5} = 350 \text{ kilowatts-heure.}$$

Un industriel, produisant lui-même son électricité au prix de 0 fr. 015 l'hectowatt-heure, soit 0,15 le kilowatt, dépenserait donc par heure de chauffage :

$$(520 + 350) \times 0,15 = 130 \text{ fr. } 5.$$

et, pour comparer avec les systèmes précédemment décrits, si nous admettons douze heures de chauffage pour l'écart maximum de température, et une moyenne d'hiver de $1/2$ à $2/3$ du maximum, nous trouverons pour la journée moyenne une dépense de 913 fr. 50.

Ce chiffre se passe de commentaires.

Il serait, du reste, doublé au prix de 0 fr. 03 l'hectowatt-heure que font payer à Paris les secteurs pour les usages industriels.

Le chauffage électrique, en industrie, ne trouverait son utilité que pour le chauffage de certains locaux isolés de très petites dimensions, et pour certains appareils de séchage, dont nous aurons l'occasion de reparler dans une étude ultérieure.

Réglage automatique de la température.

Nous n'avons pas non plus abordé l'étude de cette question, et nous renvoyons ceux de nos lecteurs qu'elle intéresserait à notre traité *Le chauffage des habitations*, dans lequel elle a reçu tous les développements qu'elle comporte, dans l'état embryonnaire où elle se trouve actuellement.

Le chauffage des locaux industriels ne nécessite pas, d'une manière générale, une précision telle que le réglage automatique de la température puisse y être intéressant.

Les appareils de réglage sont compliqués, très coûteux d'achat et d'installation, très délicats, au moins dans le cas considéré.

Ils ont, au contraire, un très gros avantage pour certains séchoirs ou certaines étuves; nous les retrouverons dans l'étude spéciale que nous ferons ultérieurement de ces appareils.

Calorifuges.

Enfin, dans notre installation, où presque toutes les tuyauteries sont utilisées au chauffage, nous avons effleuré seulement la question des isolants; nous avons cependant indiqué dans nos devis que tous les appareils de la chaufferie seraient enduits de calorifuges.

Il est en effet indispensable de ne rien perdre, et, partout où la chaleur n'est pas utile, la transmission par les appareils et les tuyauteries constitue une perte, et doit être évitée avec le plus grand soin.

Nous n'avons pas la prétention d'indiquer le meilleur calorifuge. Si nous consultons les catalogues, nous verrons qu'ils sont tous meilleurs l'un que l'autre.



TABLEAU DE COMPARAISON

DIVERS SYSTÈMES DE CHAUFFAGE APPLIQUÉS AU CHAUFFAGE DE NOTRE USINE-TYPE.

SYSTÈME DE CHAUFFAGE	DÉPENSES D'INSTALLATION			DÉPENSES DE FONCTIONNEMENT			OBSERVATIONS	
	totale	par m ²	par calorie-heure utile	par jour en moyenne	par m ² et par jour	par calorie utile et par jour	Classification par économie d'inst ^{on} et économie de fonct ^{ion}	
Par poêles	27 720 fr.	0,289	0,0367	51,87	0,000521	0,0000622	1	9
Par calorifères à air chaud	67 940 "	0,56	0,0901	54,97	0,0005	0,0000596	12	8
Par calorifères genre Michel Perret	77 270 "	0,867	0,1026	50 "	0,000455	0,000053	13	5
Par vapeur à basse pression.	66 585 "	0,741	0,088	82,50	0,000918	0,000109	10	12
Par vapeur à haute pression.	30 000 "	0,334	0,0398	51 "	0,000457	0,0000544	2	6
Par vapeur d'échappement	45 630 "	0,509	0,0605	15,45	0,000172	0,0000205	5	4
Par vapeur à pression égale ou inférieure à la pression atmosphérique.	59 105 "	0,545	0,065	14 "	0,000156	0,0000185	8	3
Par eau chaude à basse pression.	78 300 "	0,872	0,1030	76,80	0,000855	0,000101	14	10
— à haute pression.	44 090 "	0,49	0,058	82,50	0,000918	0,000109	4	12
— à circulation accélérée	63 800 "	0,710	0,0846	89,40	0,000996	0,000118	9	11
— chauffé par la vapeur d'échappement	69 000 "	0,768	0,0915	"	"	"	11	1
Par pulsion d'air chaud :								
Par pulso-calorifère	48 940 "	0,545	0,0649	52,50	0,000473	0,0000564	7	7
Par chaleurs perdues de foyers industriels	48 940 "	0,545	0,0649	2,61	0,000029	0,00000288	7	2
Par chaleurs perdues de moteurs à gaz pauvre.	43 000 "	0,479	0,057	2,61	0,000029	0,00000288	3	2
Par vapeur d'échappement.	47 000 "	0,523	0,0623	"	"	"	6	1

Pour nous, qui avons eu l'occasion de les essayer presque tous, nous dirons plus modestement qu'il y a une question d'espèce, et qui doit être étudiée dans chaque cas particulier.

Tel calorifuge, en déchets de liège, en soie, en papier ondulé, avec ou sans interposition d'un matelas isolant d'air, est excellent pour l'eau chaude ou pour la vapeur à basse pression, dans tous les cas où la température n'excède pas 100°.

Ces mêmes calorifuges conviendront encore dans le cas de température plus haute, à la condition d'isoler d'abord les conduites par une feuille ou un enduit d'amiante, puis d'enrouler en spirale un cordon d'amiante, et de placer lesdits calorifuges par-dessus.

On obtient aussi d'excellents résultats avec les coquilles de Kiesselgur (ou terre fossile), surtout avec celles présentant des cannelures qui emprisonnent l'air, à la condition, bien entendu, de fermer les extrémités pour éviter des circulations d'air.

Pour les grandes surfaces, chaudières, tuyaux de fumée, réservoirs, nous donnons la préférence aux calorifuges adhérents, comme les Kiesselgur, que l'on pose d'une manière identique aux enduits de plâtre, après en avoir fait un mortier par mélange avec de l'eau en proportion convenable. On entoure ensuite avec une bande de toile, ou un grillage à mailles fines.

Ces enduits ont en effet l'avantage d'empêcher le contact de l'air, et par suite l'oxydation, surtout à craindre pendant les périodes de non fonctionnement.

Pour démontrer l'efficacité de leurs calorifuges, les fournisseurs spécialistes ont l'habitude d'établir la comparaison avec d'autres calorifuges. Il faudrait, pour que cette comparaison fût exacte, que les épaisseurs fussent indiquées. A notre avis, il conviendrait de faire des expériences avec les divers calorifuges, en donnant des épaisseurs suffisantes pour que l'efficacité fût la même pour chacun d'eux, on établirait ensuite le prix de revient, et on donnerait la préférence au meilleur marché, pose comprise, efficacité identique.

Résumé.

Le tableau ci-dessus donne l'état de la comparaison entre les divers systèmes que nous avons étudiés.

Si on écarte de ce tableau les poêles, qui ne peuvent plus guère être admis dans une usine moderne où le souci d'hygiène doit primer toute autre considération, ainsi que les calorifères à air chaud, on voit que les systèmes par pulsion d'air se placent dans un rang très convenable, et, si on suit les conclusions de cette étude, c'est à eux qu'on donnera la préférence.

Ils assurent, en effet, un renouvellement d'air très précieux, ils permettent d'utiliser les chaleurs perdues de tous les appareils industriels, et, s'il confie l'installation à un ingénieur compétent et sérieux, s'il ne lui fait pas rechercher à l'extrême l'économie d'installation, l'industriel aura toute satisfaction de ces systèmes.

Bien entendu tous les chiffres que nous avons donnés ci-dessus s'entendent pour des installations très soignées. On remarquera avec étonnement peut être le rang qu'occupent les calorifères à air chaud dans notre classification, parce qu'on dit toujours que ces appareils coûtent très bon marché.

Il faut comprendre que nous n'avons pas entendu décrire les appareils si défectueux que les fumistes ont pris l'habitude d'installer, et qui ont absolument discrédité ce mode de chauffage ; nous avons voulu parler d'appareils consciencieux, d'épaisseurs suffisantes et de construction soignée, tels qu'on devrait les exiger. A ce point de vue, ils sont chers, en réalité, et ce n'est certainement pas la raison d'économie qui doit les faire adopter.

En résumé, il existe partout, comme nous l'avons démontré, des déchets industriels de chaleur ; c'est de ces déchets que l'ingénieur spécialiste en chauffage devra tirer parti, et il le peut presque toujours. L'industriel pourra, sans dépense exagérée d'installation, et parfois sans aucune dépense de fonctionnement, placer son personnel dans des conditions d'hygiène qui lui permettront le rendement de travail maximum, tout en satisfaisant au principe d'humanité qui est l'honneur de notre siècle.



CHAPITRE XX

QUELQUES DESCRIPTIONS D'APPAREILS EMPLOYÉS
EN CHAUFFAGE

Dans les chapitres qui précèdent, on a remarqué que l'auteur s'est volontairement abstenu de décrire des appareils, et qu'à chaque système expliqué correspondait uniquement le principe théorique des organes servant à l'identifier.

Industriellement, de fort nombreux constructeurs se sont fait une spécialité de tel ou tel organe, applicable, soit d'une manière générale, soit dans certains cas particuliers, aux installations de chauffages des habitations ou des bâtiments industriels.

Pour décrire tous ces appareils, il aurait fallu un cadre beaucoup plus vaste que celui qui nous était accordé, et nous aurions dû donner des descriptions et des explications pour montrer comment chacun d'eux s'éloignait ou se rapprochait plus ou moins des principes théoriques que nous avions voulu fixer.

A la réflexion, toutefois, et pour répondre à certains desirs que l'annonce de notre publication a fait naître, il nous a paru qu'il ne serait pas sans intérêt de donner, dans ce chapitre complémentaire, quelques courtes descriptions des appareils les plus employés, ou les plus nouveaux, et principalement de ceux qui, chacun dans leur genre, peuvent être considérés comme des types.

Nous passerons donc en revue quelques chaudières, quelques radiateurs, quelques organes importants, dans les systèmes par la vapeur à basse pression et par l'eau chaude, qui sont aujourd'hui à l'ordre du jour.

Chaudières.

Nous avons expliqué pour quelles raisons nous donnions la préférence aux chaudières en tôle rivée, analogues aux chaudières à haute pression.

Il n'en faudrait pas conclure que nous considérons qu'elles doivent être exclusivement employées. Si nous jetons un coup d'œil sur les installations exécutées en Amérique et en Allemagne, nous verrons que les chaudières en fonte sont construites sur une échelle formidable, et, on peut le dire, sont appliquées dans une proportion beaucoup plus considérable que les chaudières en tôle. En Angleterre, au contraire, bien que les chaudières en fonte commencent à faire leur chemin, on emploie encore beaucoup les chaudières en tôle, et principalement les chaudières en tôle soudées de forge, construites par de puissantes usines, qui en ont fait leur spécialité.

La raison principale est que dans ces pays on trouve, plus nettement que chez nous peut-être, la division des spécialistes du chauffage en deux catégories : les constructeurs, d'une part, et les installateurs, d'autre part.

Des usines modernes, puissamment organisées, munies d'un outillage parfait, et conduites par un personnel merveilleux d'ingénieurs et de chimistes, construisent soit des chaudières, soit des radiateurs, soit des robinets, soit des tubes, chaque usine ayant une spécialité, et une seule.

On comprend que des ingénieurs spécialistes, passant leur vie à étudier les formes de chaudières qui répondent le mieux à l'utilisation de la chaleur du foyer, de la circulation respective des gaz et de l'eau, arrivent à être des maîtres dans leur spécialité. On se rend compte que les questions de transmission de la chaleur, les dilatations, les assemblages, n'aient plus de secrets pour eux.

Ceux de nous qui ont visité les laboratoires de chimie des fonderies modernes, qui ont vu comment on étudie les dosages, les mélanges de fonte, les résistances à la rupture, etc., ont compris comment les chaudières, les radiateurs, construits en série et par

grosses quantités, avec des matériaux de premier choix, sont des appareils vraiment merveilleux, malgré la modicité de leur prix.

Les installateurs ne sont plus ensuite, comme leur nom l'indique, que les metteurs en œuvre de ces appareils.

Lorsqu'ils ont fait les calculs de déperditions par les parois des bâtiments à chauffer, lorsqu'ils se sont rendu compte des besoins de chauffage et ventilation des locaux, lorsqu'ils ont établi judicieusement les emplacements les plus convenables pour les appareils, les tracés et les sections des conduites qui les alimenteront, les installateurs n'ont plus qu'à faire un choix éclairé parmi les appareils que les constructeurs leur offrent, chaudières, radiateurs ou surfaces chauffantes, robinetteries, tuyauteries, et à procéder ensuite à leur mise en place.

Les expériences théoriques et pratiques de ces installateurs, et l'habileté de leur personnel, les appareils rendront plus ou moins exactement les services qu'ils sont capables de rendre.

Ce principe de division du travail est la règle presque exclusive aux Etats-Unis, en Allemagne, en Angleterre. Il tend aussi à s'implanter en France, et, bien que les plus grandes maisons d'installations aient encore leurs types personnels d'appareils, et surtout de chaudières, une quantité fort importante d'installateurs commencent à exister, qui, n'ayant aucun atelier de construction, se consacrent exclusivement à la mise en œuvre des appareils du commerce.

Il est presque superflu de dire que, si cette méthode de travail réduit au minimum la dépense d'installation des systèmes de chauffage et ventilation, elle crée, par contre, une difficulté de plus pour la clientèle bourgeoise et industrielle, dont l'éducation à ce point de vue est entièrement à faire.

Il est facile de comprendre que, par exemple, si tous les appareils que nous allons décrire ci-après ont fait leurs preuves, et peuvent donner d'excellents résultats, il conviendra de choisir avec le plus grand soin l'installateur, car un bon appareil mal installé ne rendra jamais que de mauvais services.

Une chaudière en fonte, par exemple, sera un organe très fragile, si son installation est mal comprise. Elle ne donnera, au contraire, que des résultats très satisfaisants si l'installateur l'a placée dans les conditions dans lesquelles elle doit être, et pour lesquelles elle a été construite.

L'industriel qui aura une installation de chauffage et ventilation à faire exécuter devra donc encore s'entourer des garanties les plus complètes. Il ne suffira pas que l'entrepreneur ou l'ingénieur choisi lui indique dans son offre la marque et les proportions des appareils qu'il lui propose, il faudra encore qu'il fasse la preuve de son habileté et de son expérience professionnelles.

On est trop souvent tenté de jeter la pierre aux appareils et de décrier telle ou telle marque, quand, au contraire, c'est le metteur en œuvre qui est fautif.

L'industrie naissante du chauffage et de la ventilation a acquis maintenant un développement tel qu'un nouveau rouage social s'impose, celui de l'ingénieur-conseil. Nous ne saurions trop engager les industriels à se pénétrer de cette idée. L'ingénieur-conseil spécialiste en chauffage et ventilation leur évitera bien des déboires, et leur fera faire des économies, en même temps qu'il leur donnera toute sécurité pour leurs installations. Ils ne doivent pas hésiter à avoir recours à lui.

Chaudières en tôle rivée.

La maison Leroy et C^o, 30, rue Berthollet, à Paris, construit elle-même ses chaudières, pour l'usage des installations de chauffage par la vapeur et par l'eau chaude qu'elle exécute; il ne s'agit donc pas de chaudières du commerce.

Les chaudières pour le chauffage par l'eau chaude sont identiques à celles employées pour le chauffage par la vapeur à basse pression, et dont le cliché (fig. 105) et les explications ci-après

établi par les constructeurs **ULTIMHEAT** et les avantages préconisés par ces constructeurs **VIRTUAL MUSEUM**, dépassant pas 1/10 à 2/10 de kg., soit 1 à 2 mètres d'eau, bien que l'essai de sécurité soit 1 à 2 kg., soit au moins dix fois la pression de fonctionnement.

2° Construction en tôle d'acier rivée et fer forgé, à l'exclusion de toute partie de fonte en contact simultané avec le feu et l'eau.

3° Foyer entièrement entouré d'eau en mince volume, d'où utilisation simultanée de la chaleur de radiation et de convection.

4° Tubes verticaux achevant l'utilisation des gaz chauds, et facilement nettoyables, la partie supérieure de la boîte à fumée étant mobile et fermée à bain de sable.

5° Grille de grand diamètre, pour une combustion réduite

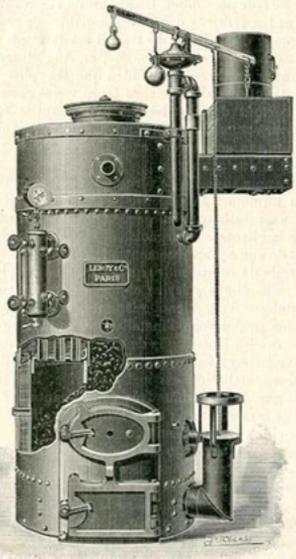


FIG. 105. — Chaudière Leroy et C^o.

économique de 20 à 30 kg., par mètre carré de surface et par heure.

6° Barreaux à larges sections de passage, donnant une répartition uniforme de l'air dans la masse du combustible, ce qui assure une combustion complète et régulière.

7° Entrées d'air au-dessus du cône de combustion, tout autour du foyer, de façon à éviter la production d'oxyde de carbone, d'où meilleure utilisation du charbon, et pas de mauvaises odeurs ni de gaz délétères dans le sous-sol, ces entrées étant elles-mêmes soumises à l'action du régulateur.

8° Magasin de combustible central, complètement entouré d'eau pour éviter les combustions spontanées, fermeture à bain de sable, capacité suffisante pour 10 heures de combustion en marche maximum.

9° Régulateur de pression et de combustion agissant à la fois sur la prise d'air du cendrier et sur le tirage de la cheminée, n'ayant aucune articulation autre que celle du pivot du balancier,

qui est complètement en dehors de la chaleur et de la poussière, ce qui garantit le fonctionnement.

10° Portes de foyer et de cendrier solidaires, pour parer à toute négligence du chauffeur; si celui-ci laissait ouverte la porte du cendrier, il se produirait une énorme entrée d'air activant la combustion et paralysant l'action du régulateur. Le dispositif laissant en même temps ouverte la porte du foyer, cet inconvénient disparaît, puisque l'entrée simultanée d'air au-dessus de la grille refroidit instantanément la chaudière.

11° Réservoir d'expansion. Enfin, outre les appareils de sécurité habituels, manomètre, niveau d'eau, soupape de sûreté, séparateur d'eau et de vapeur, le générateur est mis en libre communication avec l'atmosphère par l'intermédiaire d'un réservoir d'expansion ouvert à l'air libre. Ce réservoir, qui reçoit les eaux de condensation revenant du chauffage, est raccordé à la chaudière par deux tuyauteries, et constitue une véritable soupape de sûreté hydraulique, sans organe mécanique, c'est-à-dire d'un fonctionnement certain, sans danger et sans crainte d'interruption.

Ce générateur réalise le type de chaudière domestique, simple, à fonctionnement absolument continu, avec deux chargements par vingt-quatre heures; le réglage est automatique, la pression toujours régulière, et n'importe quel domestique, homme ou femme, peut être chargé du service, qui lui prend à peine une demi-heure le matin, et moins de temps encore le soir, sans qu'il soit nécessaire de s'en occuper dans l'intervalle des chargements.

MM. Leroy et C^o construisent 15 grandeurs différentes de chaudières, dont la surface varie depuis 1 jusqu'à 25 mètres carrés de surface de chauffe, et qui sont applicables, avec de simples modifications d'accessoires, aux chauffages par la vapeur ou par l'eau chaude.

Chaudières « SMMA » en tôle d'acier soudée.

Sous la marque « SMMA », la Société métallurgique de Montbard-Aulnoye, 41, place de la Madeleine, Paris, présente les chaudières de chauffage en tôle d'acier soudée, qu'elle fabrique depuis dix ans et dont elle s'est fait une spécialité. Elle a créé quatre types différents, répondant à toutes les exigences des chauffages à vapeur à basse pression ou à eau chaude appliqués aux locaux industriels. Ce sont :

1° Pour les moyens et gros chauffages : les chaudières verticales « AB » et les chaudières horizontales « Exacte » ;

2° Pour les petits chauffages annexes : les chaudières à vapeur « M » et les chaudières à eau chaude « Intensive ».

Matériaux. Toutes ces chaudières sont construites en tôle d'acier extra-doux Martin-Siemens. Les faisceaux tubulaires des chaudières « AB » et « Exacte » sont composés de tubes d'acier doux sans soudure, type « Marine ».

Fabrication. Le mode de fabrication employé est la soudure autogène par chalumeau oxydrique ou oxyacétylénique. Nos lecteurs sont trop au courant de ce procédé d'assemblage, très employé maintenant en chaudronnerie, pour que nous insistions ici sur les avantages qu'il présente. Disons seulement que la Société métallurgique de Montbard-Aulnoye en a été l'importatrice en France, il y a onze ans, et qu'elle y a acquis une expérience qui n'est pas contestée.

Toutes ces chaudières sont construites en série, par des ouvriers spécialistes; elles sont livrables de suite.

Description. La chaudière verticale « AB » (fig. 106) est du type classique, mais munie de tous les perfectionnements concourant au meilleur rendement :

Chargeur central de combustible, de grande capacité.

Buse inférieure de ce chargeur augmentant la chambre de combustion, et permettant la combustion complète des gaz.

Events intérieurs reliés au cendrier, et tributaires du régulateur.

Enveloppe du faisceau tubulaire, créant une circulation d'eau. Chicanes intérieures aux tubes, assurant la bonne utilisation des gaz (fig. 106).

Buse de la prise de vapeur évitant les entraînements d'eau.

La chaudière porte les accessoires nécessaires, parmi lesquels un régulateur de tirage à membrane, de grande sensibilité, agissant sur les entrées d'air au foyer et à la boîte à fumée. Les orifices voulus pour placement de soupapes ou tubes de sécurité à volonté de l'installateur sont ménagés.

Elle est sur demande munie d'un sècheur de vapeur *ad hoc*, monté sur le départ, quoique aucun entraînement d'eau ne soit à craindre.

L'ensemble en est simple et robuste.

Cette chaudière peut être calorifugée ou maçonnerie.

Elle convient également au chauffage à eau chaude, cas dans lequel quelques accessoires seulement varient. Elle se fait nor-

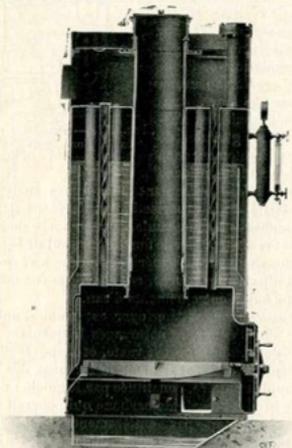


FIG. 106. — Chaudière verticale « AB », de la Société métallurgique de Montbard.

malement de 4^m,50 à 40 m² de surface de chauffe, répartis sur dix-sept numéros de grandeurs différentes.

La chaudière horizontale « Exacte », établie en vue de son placement dans les locaux bas, offre beaucoup d'intérêt pour le chauffage des locaux industriels, souvent sans sous-sols.

Cette chaudière est toujours maçonnerie, l'autel est constitué par une lame d'eau. La face avant est fermée par une façade en fonte avec portes étanches.

Les gaz traversent les tubes, et reviennent le long des flancs extérieurs de la chaudière vers la cheminée, placée à l'arrière.

Une trémie assure le chargement continu de combustible sur la grille, et en contient une grande réserve (fig. 107).

Un dôme avec sècheur de vapeur évite les entraînements d'eau.

Le ramonage des tubes se fait facilement sur l'avant.

La chaudière dite « Exacte » porte les mêmes accessoires que la chaudière verticale. Elle convient également bien au chauffage à eau chaude, et se fait normalement de 6 m² à 32 m² de surface de chauffe, en seize numéros de grandeurs différentes.

La chaudière à eau chaude à circulation accélérée « l'Intensive » (fig. 108) convient à tous les chauffages à eau chaude, mais

a surtout été établie en vue du chauffage de locaux industriels, et fréquemment le cas des locaux et bureaux industriels.

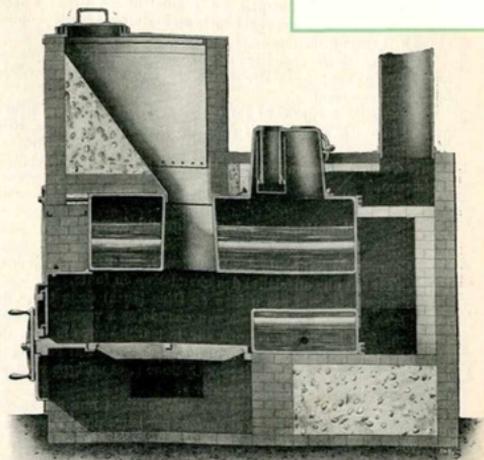


FIG. 107. — Chaudière horizontale « Exacte », de la Société métallurgique de Montbard.

Elle ne se fait couramment que jusqu'à la puissance calorifique de 45.000 calories, ce qui convient également à de nombreuses industries ayant des locaux séparés, ou de grands bâtiments dans lesquels il est plus économique de sectionner le chauffage en secteurs. Elle s'établit normalement en sept numéros différents.

Le principe de son fonctionnement réside dans une injection d'eau très chaude et de vapeur faite à la base de la colonne de départ, émulsionnant cette colonne et provoquant une grande vitesse de circulation.

Ce principe est réalisé par la division de la chaudière en deux lames d'eau, dont l'une intérieure produit l'eau très chaude et la vapeur qui, par des ajustages formant injecteur, entraînent l'eau de la lame extérieure, plus froide, qui condense la vapeur.

Le fonctionnement en circulation accélérée est continu, depuis les températures moyennes jusqu'à 100°. Les avantages qui résultent de cette circulation accélérée sont : réduction des diamètres de tuyauteries ; passages des retours au plafond ;

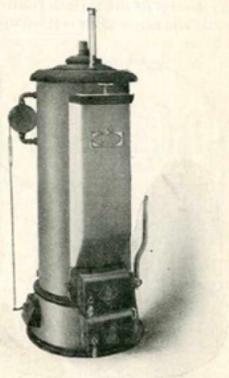


FIG. 108. — Chaudière à eau chaude à circulation accélérée « l'Intensive », de la Société métallurgique de Montbard.



possibilité de chauffer un circuit très étendu ou des radiateurs en continu.

VIRTUAL MUSEUM — Largeur extérieure à l'avant, les accessoires nécessaires, y compris un régulateur de tirage à tube dilatant. Elle se monte sur un socle en fonte, avec grille mobile, et est à volonté calorifuge.

L'ensemble de la chaudière « Intensive » est très simple, et aucun organe supplémentaire n'est nécessaire pour en assurer le bon fonctionnement.

La chaudière à vapeur *M* est extérieurement du même genre que « l'Intensive » et se fait dans les mêmes puissances. Elle porte une prise de vapeur formant sècheur et évitant les entraînements d'eau, et une enveloppe du foyer activant la circulation intérieure.

Chaudières en fonte à grand foyer.

La Compagnie Nationale des Radiateurs, 24, rue de Mogador, Paris, s'est fait une spécialité des chaudières en fonte.

Elle construit dans ses usines de Dôle (Jura) deux types de chaudières pour le chauffage à eau chaude et à vapeur à basse pression. Ces appareils, connus sur le marché sous le nom de chaudières « Idéal », comprennent un type horizontal rectangulaire et sectionné : la chaudière « Cyclone », et un type vertical cylindrique : la chaudière « Premier ».

Ces deux types de chaudières se différencient non seulement par leurs formes, mais aussi et surtout par leurs puissances respectives.

Les chaudières « Idéal », type « Cyclone », sont construites en dix-huit grandeurs, pouvant fournir de 52.000 jusqu'à 310.000 calories; elles sont destinées à alimenter les grandes installations. Les chaudières « Idéal », type « Premier », sont construites en vingt-deux grandeurs, allant de 0^m,55 à 4^m,85 de surface de chauffe, et pouvant fournir de 6.600 jusqu'à 55.000 calories; elles conviennent aux installations de moindre importance.

CHAUDIÈRE « IDÉAL », TYPE « CYCLONE ». Cette chaudière, brevetée tant en France qu'à l'étranger, a été mise tout récemment sur le marché. Elle est entièrement en fonte et sectionnée en éléments de dimensions relativement réduites.

Description. Elle est composée d'une série de sections

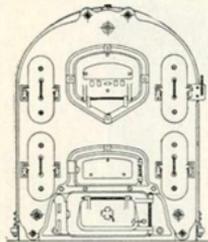


Fig. 109. — Chaudière « Cyclone », de la Compagnie Nationale des Radiateurs. Vue de face.

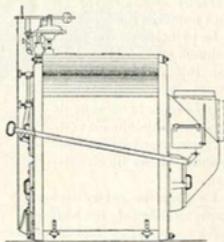


Fig. 110. — Chaudière « Cyclone » pour vapeur, de la Compagnie Nationale des Radiateurs. Vue de côté.

juxtaposées, réunies par des bagues biconiques lisses, formant joint métallique parfaitement hermétique. La partie supérieure de ces sections constitue le dôme de la chaudière, dôme de capacité suffisante en eau et en vapeur pour assurer à la chaudière un fonctionnement très régulier. Au-dessous du dôme se trouvent : au milieu, le foyer; de chaque côté, une sorte de « U » dont les deux branches aboutissent au dôme. L'espace compris entre les deux

branches de cet U sert au passage des gaz brûlés venant du foyer. Quand tous les éléments ou sections sont juxtaposés, l'ensemble des espaces ci-dessus indiqués constitue les carneaux à travers lesquels cheminent les gaz chauds. Grâce à cette disposition, et étant donné que la branche intérieure de l'« U » est plus chauffée que la branche extérieure, l'eau contenue dans la chaudière descend du dôme par la branche extérieure, et y remonte par la branche intérieure. Ce mouvement est d'autant plus rapide que l'allure du foyer est plus intense.

On arrive donc ainsi à transmettre un nombre considérable de calories par mètre carré de surface de chauffe et par heure. Pour faciliter cette circulation, la branche interne a une section un peu plus grande que l'autre, et s'évase en haut et en bas, afin d'offrir moins de résistance.

Circulation rationnelle de l'eau.

Aucun obstacle ne vient gêner la libre circulation de l'eau. Dans les chaudières à vapeur, au fur et à mesure de leur formation, et sans qu'ils puissent s'arrêter nulle part, les globules de vapeur montent directement dans le dôme, où ils se dégagent dans un grand volume d'eau présentant une grande surface, ce qui assure la régularité de la vaporisation et l'absence de primage.

Dans les chaudières à eau chaude, aucune poche de vapeur ne peut se former et venir troubler le fonctionnement de la chaudière.

D'après les constructeurs, l'expérience a démontré qu'en aucun cas, même aux plus hautes allures, ces chaudières ne donnent lieu à du primage ou à des entraînements d'eau.

Détails de construction. — Le foyer est muni d'une grille à grande surface afin d'éviter les nettoyages fréquents.

La chambre de combustion est vaste, et disposée de façon à faciliter l'absorption de la chaleur et le brassage des gaz. Une arrivée d'air supplémentaire, constituée par le guichet de fumiverté, permet de brûler l'oxyde de carbone qui pourrait rester. Si cette combustion n'était pas entièrement terminée dans la chambre, elle pourrait au besoin se continuer dans les carneaux.

Cheminement des gaz chauds. Les gaz brûlés, sortant de la chambre de combustion, entrent dans les carneaux latéraux, situés, comme il est dit plus haut, entre les deux branches de l'« U », à la partie supérieure. Ces gaz cheminent en descendant et, grâce à des plaques horizontales formant chicanes, parcourent ces carneaux sur toute leur longueur, alternativement de l'avant à l'arrière et de l'arrière à l'avant, et se rendent dans une boîte collectrice de fumée, située à l'arrière de la chaudière, au niveau de la grille. Ce parcours descendant assure une utilisation de la surface de chauffe des carneaux, et évite les courts-circuits.

Départ de fumée. La buse de départ de fumée est fixée sur une partie à 45°, de façon à se présenter à volonté soit horizontalement, soit verticalement, suivant les besoins.

Tirage. Les gaz sortant de la chaudière sont à une température convenable pour qu'on ait à la fois un bon tirage et un bon rendement thermique.

Les résistances de la chaudière sont assez faibles pour que la marche soit possible avec une dépression de 2 à 5 mm. à la cheminée.

Montage. L'assemblage des sections constituant la chaudière est simple et se fait très rapidement.

La chaudière n'a pas de base. Cette suppression, non seulement simplifie considérablement le montage, mais permet d'obtenir l'étanchéité absolue du cendrier, ce qui est très important au point de vue du réglage.

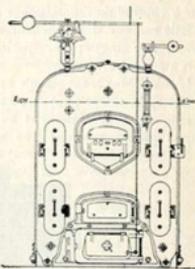


Fig. 111. — Chaudière « Cyclone », de la Compagnie Nationale des Radiateurs. Vue de face.

Des ouvertures situées sur le devant de la chaudière permettent le nettoyage des carnaux.

Revêtement calorifuge. Bien que toutes les parois externes de la chaudière soient baignées par l'eau, c'est-à-dire que leur température ne soit pas supérieure à 100°, toutes les chaudières sont livrées revêtues d'une enveloppe en tôle calorifugée.

Rendement. Le nombre de calories garanti pour chacune de ces chaudières peut être dépassé de beaucoup en cas de besoin, quand on doit, par exemple, faire la mise en marche du chauffage dans un temps très court, ou encore quand on a à combattre un froid exceptionnel. En outre, le rendement ne varie pour ainsi dire pas avec l'intensité de la marche. Il est sensiblement le même entre 6.000 et 15.000 calories par heure et par mètre carré de surface de chauffe.

CHAUDIÈRE « IDÉAL » TYPE « PREMIER » (fig. 113, 114). Ces chaudières sont entièrement en fonte, et se composent essentiellement de trois parties : la base avec la grille, le pot de foyer et le dôme. Les chaudières « Idéal » type « Premier » ne contiennent que des surfaces de chauffe d'efficacité maxima, car la totalité de la surface de chauffe exposée au feu et aux flammes est en contact immédiat avec l'eau.

Description. — Le ciel du pot de foyer est constitué par une colonne centrale, reliée au pourtour de la chaudière par une série de bras : cette disposition assure la parfaite circulation de l'eau dans la chaudière.

La colonne centrale et ces bras contiennent une quantité d'eau relativement considérable, exposée à l'action directe du feu.

Les surfaces de chauffe de ces chaudières sont ondulées, ce qui permet le libre chemi-

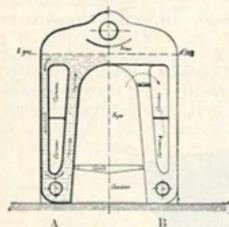


Fig. 112. — Chaudière « Cyclone », de la Compagnie Nationale des Radiateurs, 1/2 coupe d'une section montrant la circulation : A, de l'eau ; B, des gaz.

nement des gaz chauds de bas en haut, et, par suite, la plus grande utilisation possible du combustible.

L'ondulation augmente aussi très sensiblement l'étendue de la surface de chauffe, et c'est ainsi, par exemple, que le pourtour intérieur d'une chaudière « Premier » ayant un diamètre de 450 mm. mesure environ 1.875 mm., tandis qu'une circonférence de 450 mm. de diamètre ne mesure que 1.430 mm.

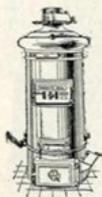


Fig. 113. — Chaudière « Premier » pour eau chaude, de la Compagnie Nationale des Radiateurs.



Fig. 114. — Chaudière « Premier » pour vapeur, de la Compagnie Nationale des Radiateurs.

Grille. Ces chaudières sont munies, soit d'une grille fixe, soit d'une grille oscillante, permettant le débrassage rapide et commode par la simple manœuvre d'un levier.

Réglage. Pour assurer le réglage de ces chaudières, on a prévu dans la base une porte d'admission d'air se manœuvrant à la main, ou obéissant à l'action d'un régulateur automatique,

et, dans la boîte à fumée, un coupe-tirage, ainsi qu'un registre avant le coupe-tirage.

Chaudières à éléments à flammes renversées système Strehel.

Description. Les chaudières Strehel se composent d'un certain nombre d'éléments creux, verticaux, en forme d'O, et disposés pour contenir l'eau ou la vapeur. Ces éléments sont réunis entre eux en haut et en bas, par un système de connexion à bague renforcée. Il se forme donc une communication ininterrompue d'un élément à l'autre, mais ces éléments sont toujours séparés par des canaux, de façon que ceux-ci alternent avec les canaux d'eau.

L'un des éléments d'extrémité est muni d'une porte, pour l'alimentation, et d'une porte de cendrier, qui porte un clapet d'entrée d'air.

L'autre élément d'extrémité est muni, en haut, d'une ouverture de nettoyage, fermée par un couvercle.

Les chaudières sont placées sur des bûches en fer, sur les côtés desquels se trouvent des ouvertures munies de verrous. L'une de ces ouvertures sert à la communication avec la cheminée, l'autre au nettoyage. Celle-ci est généralement fermée par un couvercle.

La tôle d'enveloppe des chaudières est doublée d'une masse épaisse composée d'amiante et de farine fossile. Cette enveloppe, et l'air qui se trouve entre elle et les chaudières, préservent celles-ci des pertes de chaleur par rayonnement.

Forme. Chaque élément des chaudières comprend tous les accessoires essentiels, de sorte que grille, réservoir de combustible, cendrier et carnaux restent bien proportionnés à la surface de chauffe; on peut augmenter ou diminuer les chaudières d'un élément sans que les proportions changent.

Un autre avantage essentiel de la forme choisie pour ces chaudières consiste dans ce que toutes se composent d'éléments de même modèle, soumis dans chaque plan horizontal aux mêmes influences, du feu, des produits de combustion, de l'eau et de la vapeur.

Comme les éléments ne se trouvent réunis qu'en deux points, ils peuvent se dilater ou se rétrécir sans inconvénients, et, grâce à leur forme ovale, ils peuvent céder facilement aux effets de la dilatation, évitant ainsi toute casse ou toute tension dans le matériel.

Les éléments des chaudières présentent partout des petites sections; ils sont par conséquent très résistants contre les efforts de pression intérieure.

Matériel. Les chaudières sont exécutées en fer souple, dense, résistant au feu, préparé dans une fonderie spéciale établie pour elles, et dans laquelle on ne fait aucun autre travail que la construction de ces chaudières.

Il est donc possible, avec une telle méthode, de composer des mélanges de fonte présentant les qualités requises pour des chaudières, sans craindre que d'autres fontes, destinées à des appareils différents, ne viennent à y être mélangées.

Grille. — Les éléments possèdent à leur partie inférieure une forte grille venue de fonte, qui est activement refroidie par l'eau, de sorte que la fonte des déchets de combustibles sur la grille (scorification) est évitée; comme cela a été reconnu depuis de longues années, ces déchets sont réduits en poussières qui tombent à travers la grille. Celle-ci est fendue au milieu pour pouvoir se dilater librement sous l'influence du feu.

Un autre avantage est que la grille, par suite de l'échauffement de l'eau qui la baigne en partie, agit comme surface de chauffe, ce qui augmente l'effet utile de la chaudière.

La conséquence de ce refroidissement effectif de la grille par l'eau est qu'elle ne s'use jamais, et n'a pas besoin d'être remplacée.



La figure 115 est une photographie d'une grille qui, au bout de cinq ans de service, n'ayant subi aucune déformation, est conservée d'une façon remarquable, et dont les angles sont

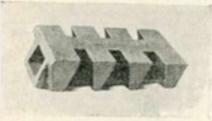


Fig. 115. — Morceau d'une grille de chaudière Strehel.

Cette grille a été brisée exprès au ras de son point d'attache avec l'élément, afin de montrer la partie creuse où circule l'eau de la chaudière.

Mode de jonction. Les joints des chaudières sont fraisés, les connexions à bague sont coniques à l'extérieur, et ajustées au tour. Le montage des éléments pour former les

chaudières se fait par un simple serrage, qui force les bagues à s'introduire de force dans les trous. Il se forme ainsi un joint l'unique étanchéité absolue, flexible et métallique. Les chaudières sont ensuite calibrées et finies sur des machines spéciales. Toutes les parties des chaudières sont interchangeables et bien concordantes.

En général, les chaudières sont livrées toutes montées et prêtes à être posées. Dans le cas où le transport et l'introduction dans une cave d'une chaudière toute montée seraient rendus trop difficiles par son poids ou sa dimension, on les expédie le façon qu'elles soient facilement démontables en deux ou plusieurs morceaux. Le montage se fait alors sur place, au moyen l'un outil excessivement simple, et en très peu de temps.

Nettoyage. Presque toute la surface de chauffe des chaudières est disposée verticalement, et ne permet nulle part le rassemblement des cendres et de la suie. Les chaudières s'entretiennent donc d'elles-mêmes, et n'ont que rarement besoin de nettoyage. Ce nettoyage se fait au moyen d'un goupillon en fer que l'on passe par les carneaux, ceux-ci étant fermés par une plaque extérieure, démontable sur l'enveloppe.

Chargement central. La forme des éléments des chaudières donne à l'intérieur un réservoir de combustible très grand. Les parois de ce réservoir ont une grande surface de chauffe et de contact, ce qui augmente considérablement le rendement effectif de la chaudière, par suite du contact absolu du combustible en

gnition. Les gaz de la combustion sont renversés, et descendent par les carneaux dans le socle, en sens inverse de l'eau qui monte, lui



Fig. 116. — Chaudière Strehel à eau chaude.

cedant toute leur chaleur. *Combustible.* — Les chaudières sont essentiellement disposées pour le chauffage au coke, à l'antracite, et autres combustibles maigres; avec ces combustibles, elles développent au mieux leurs avantages, car le magasin peut être utilisé complètement.

On peut employer, cependant, toutes sortes de combustibles: bois, houille, tourbe, charbon de terre, briquettes, ou un mélange de coke et de houille. Dans ces cas, il faut remplir le magasin à moitié seulement, pour que les flammes aient la place de se développer. Ces combustibles ne donnent pas le même nombre

de calories que le coke, et le magasin se vide plus rapidement, es chargements doivent donc être plus fréquents. *Emplacement.* Les chaudières sont livrées avec une enveloppe isolante: montées sans maçonnerie, elles occupent fort

peu de place. On les charge de combustible par une ouverture qui se trouve sur le devant; elles peuvent donc être installées dans des caves très basses.

Chaudières à eau. Les chaudières à eau sont généralement

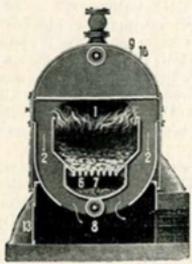


Fig. 117. — Élément de la chaudière à vapeur Strehel, série A.

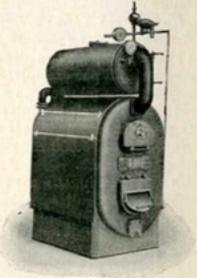


Fig. 118. — Chaudière Strehel de la série D.

exécutées suivant la figure 116 et essayées à 6 kg. de pression. *Chaudières à vapeur.* Ces chaudières sont essayées à 3 kg. de pression, et exécutées suivant deux types différents. Chaque

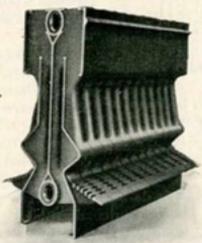


Fig. 119. — Éléments jumelés de la chaudière Strehel « Catena ».

élément des séries A et B (fig. 117) est muni d'un réservoir de vapeur, pour obtenir un niveau d'eau très bas. Pour les chaudières des séries C et D (fig. 118) on raccorde un réservoir supé-



Fig. 120. — Vue extérieure d'une chaudière Strehel « Catena » à trois foyers.

rieur, qui offre l'avantage de ne fournir que de la vapeur sèche, même pour les plus grandes allures de vaporisation.

Les séries A et B sont munies d'un dispositif leur permettant de donner de la vapeur sèche, même quand la marche est telle

que la vaporisation est supérieure à la normale. Mais, quand cette marche forcée est nécessaire, la conduite principale doit être purgée près des chaudières.

Grandeur de modèles. Les chaudières sont fabriquées d'après huit modèles différents, en 62 grandeurs, depuis 2, 4 jusqu'à 20^m de surface de chauffe.

Une disposition récemment introduite sur le marché sous le nom de chaudière « Catena » comprend des éléments jumelés, permettant de former des groupes à plusieurs foyers, qui peuvent fonctionner séparément ou simultanément, et réduisent d'une manière très intéressante l'encombrement dans les grandes installations (fig. 119 et 120). On obtient depuis 25^m jusqu'à 240^m de surface.

Chaudières en fonte à magasin de combustible.

De nouvelles chaudières françaises, les chaudières « Phébus », ont été introduites depuis quelque temps sur le marché.

Fabriquées par la Compagnie des Chaudières « Phébus », Le Cateau (Nord), ces chaudières sont en fonte, et leurs constructeurs ont choisi cette matière parce qu'ils considèrent qu'elle convient mieux que toute autre aux chaudières de chauffage; elle se prête, à leur avis, mieux que la tôle, même soudée, aux combinaisons de parcours de flammes et de gaz chauds.

Les chaudières en fonte peuvent se construire sous formes d'éléments s'ajoutant à volonté l'un à la suite de l'autre, permettant ainsi l'introduction facile dans les sous-sols par les portes les plus étroites, sans qu'il soit nécessaire de mouvoir de grosses pièces (fig. 121).

Cette disposition permet aussi d'augmenter ou de diminuer à volonté la surface de chauffe d'une chaudière, en augmentant ou en diminuant le nombre d'éléments.

Il faut d'ailleurs observer que les chaudières en fonte sont ou ne sont pas fragiles, selon la nature des fontes employées pour les construire. Or, la fonte des chaudières « Phébus » n'est pas une fonte quelconque; c'est un mélange spécial de fontes très résistantes, se dilatant régulièrement, et supportant parfaitement



FIG. 121. — Vue perspective de la chaudière « Phébus ».



FIG. 122. — Chaudière ronde « Phébus ».

le feu. Ces fontes spéciales sont titrées au laboratoire avant leur emploi. La construction de ces chaudières se fait d'ailleurs dans une usine spécialement appropriée, aménagée et outillée de la façon la plus moderne, pour obtenir une fabrication absolument soignée et des pièces interchangeables (fig. 123).

Les chaudières « Phébus » à éléments sont à véritable magasin de combustible, et non pas à grand foyer. Le combustible ne descend sur la grille pour s'y consumer qu'au fur et à mesure des besoins.

L'action des régulateurs est toujours efficace, en raison de la quantité relativement réduite du combustible en ignition, et il ne

se produit pas d'excès de pression intempêtes, contre lesquels les régulateurs les meilleurs sont souvent impuissants.

Le magasin permet le fonctionnement automatique pendant huit à douze heures, sans remettre de combustible.

Les expériences pratiques auxquelles ces chaudières ont été soumises permettent aux constructeurs de garantir les rendements indiqués dans les tableaux.

Elles ont une surface de grille considérable, qui permet d'obtenir, avec une combustion très lente, une excellente utilisation des combustibles, avec un minimum de mâche-fers, et une fatigue nulle de la grille.

Celle-ci, dans les chaudières à éléments, est mixte: c'est-à-dire qu'elle est constituée par deux plans inclinés, faisant partie des éléments. L'intérieur de ces plans inclinés est creux, et l'eau y circule; les extrémités internes servent de support aux barreaux articulés, qui complètent la grille. La présence de ces barreaux articulés a pour but de rendre facile pour tous, même pour des mains féminines ou inexpertes, le travail de déchargement.

Entre le magasin de combustible et les carneaux verticaux, les chaudières Phébus possèdent une chambre de combustion pour les gaz; la vitesse d'écoulement de ceux-ci à cet endroit étant faible, ils se brassent, et s'enflamment complètement, avant d'entrer dans les carneaux. La nécessité d'une chambre de combustion suffisamment vaste pour permettre aux gaz de se combiner et de brûler est incontestablement reconnue, en théorie et en pratique.

Ce n'est qu'après s'être complètement oxydés dans les chambres de combustion que les gaz chauds pénètrent dans les carneaux, pour y abandonner leur chaleur de formation.

Dans les chaudières Phébus, toutes les parties touchées par les flammes sont verticales, ce qui évite les amas de suie ou de cendres; conformément aux données de la théorie et de la pratique, les gaz circulent de bas en haut dans les carneaux.

Chaque élément constitue, pour ainsi dire, une chaudière complète; il possède son magasin de combustible, sa grille, son cendrier, ses chambres de combustion, ses carneaux, et son collecteur de fumée, qui sert de socle. On voit donc avec quelle facilité cette disposition permet de modifier la puissance d'une chaudière à un moment quelconque.

La figure 124 reproduit un diagramme de marche d'une chaudière française « Phébus », sectionnée, à dix éléments.

Ce diagramme a été obtenu sur une chaudière installée quai de Béthune, n° 30, à Paris, fonctionnant depuis trois mois, sans aucun ramonage ni nettoyage d'aucune sorte; elle n'a pas été éteinte un seul instant, même pour faire un nettoyage de la grille.

L'examen de ce diagramme montre bien clairement que les périodes qui s'écoulent entre deux chargements atteignent facilement dix à douze heures, et que la régularité de pression se maintient d'une façon constante pendant toute la durée des chargements.

Indépendamment des chaudières sectionnées construites par la

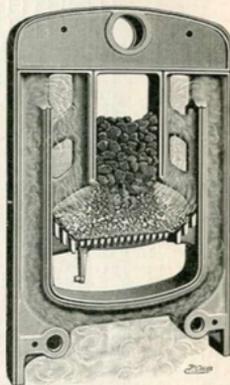


FIG. 123. — Vue de l'élément de la chaudière « Phébus ».

ULTIMHEAT®

On a cherché, dans leur conception, à parer aux graves inconvénients qui existent dans la plupart des petites chaudières; à

On a cherché, dans leur conception, à parer aux graves inconvénients qui existent dans la plupart des petites chaudières; à

Chaudières Chappée.

MM. Chappée et fils construisent une grande variété de types de chaudières en tôle et en fonte pour eau chaude ou vapeur.

L'appareil représenté ci-dessous (fig. 126) appartient au type

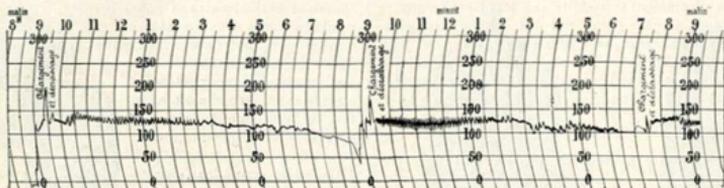


FIG. 125. — Diagramme de marche d'une chaudière « Phébus ».

voir que la température des gaz à la sortie est excessivement élevée, en raison du peu de surface refroidissante offerte à leur parcours, et du chemin direct qu'ils sont obligés de suivre, la cheminée étant généralement placée dans la verticale passant au centre de la grille.

Dans la coupe et la vue en plan représentée figure 125, il est sé de se rendre compte que la lame d'eau K, intercalée entre la zone active de combustion M et la chambre N de départ des gaz la cheminée, offre une surface très grande au refroidissement des gaz; en outre, cette chambre aide à leur brassage, ils finissent d'y brûler, et arrivent à la cheminée avec une température très basse, ce qui assure une bonne utilisation du combustible.

La grille est à barreaux mobiles; elle permet de faire tomber

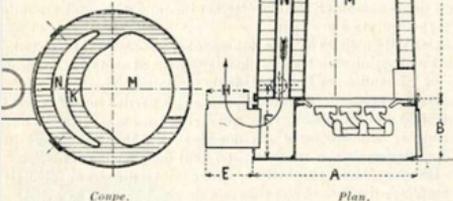


FIG. 125. — Chaudière « Phébus » ronde à retour de flammes.

les cendres par la manœuvre d'un levier placé à l'extérieur; on évite ainsi toute production de poussière.

Le dôme formant réservoir de vapeur se démonte en quelques instants, s'il est nécessaire, et permet, en réduisant la hauteur de la chaudière, de la faire passer partout, même dans les escaliers les plus étroits.

Le dôme démontable permet, en outre, de pouvoir nettoyer la chaudière d'une façon parfaite.

Des essais officiels faits sur ces appareils par le Conservatoire national des Arts-et-Métiers ont constaté leur excellent rendement.

L'économie de combustible qui doit résulter de leur emploi est donc certainement appréciée par ceux qui, après avoir fait des frais d'une première installation, ont à pourvoir à la dépense du combustible.

« Préférable », série 1, dont, jusqu'à ces derniers temps, le corps sectionné était livré en un seul bloc, monté sur élément arrière d'une seule pièce. Il est désormais fourni en deux tronçons symétriques, montés chacun sur demi-élément arrière. Un tel mode de construction fournit toutes les garanties de solidité désirables.

Les chauffages à vapeur établis suivant les nouvelles méthodes, fonctionnant à des pressions excessivement basses qu'il faut

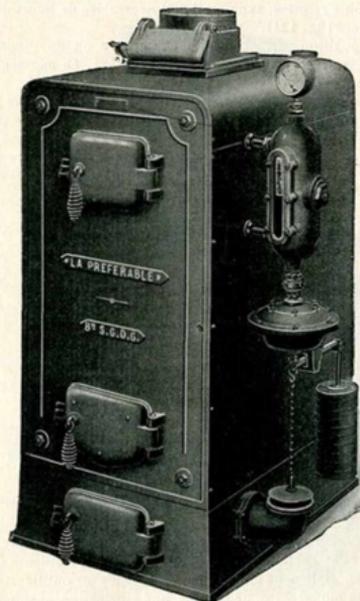


FIG. 126. — Chaudière Chappée, type « Préférable »

maintenir pratiquement constantes, MM. Chappée et fils ont créé deux types de régulateurs, possédant toutes les qualités qu'on doit attendre d'organes ayant une importance aussi capitale. L'un, dénommé régulateur hydrostatique, transmet à l'extérieur, sans intermédiaires passifs, et sans réduction dans l'amplitude

des mouvements, la pression intégrale supportée par l'eau de la chaudière; l'autre, dénommé régulateur à poche, fournit directement une course assez grande pour n'avoir pas besoin de leviers multiplicateurs jusqu'à 4 m² de surface de chaudière, et pour n'utiliser qu'une multiplication de 21/2 pour une chaudière de 50 m²

Nomenclature des divers appareils.

MÉTAL	SURFACE ACTIVE en m ²	DÉSIGNATION
Fonte	0,55 à 1,50	Alpha Fonteau.
Acier	1,15 à 2,30	Alpha Tôleau.
—	1,15 à 2,30	Alpha Vapeur.
Fonte	1,75 à 4,00	Préférable. Série 1.
—	4,80 à 12,00	— 2.
—	12,60 à 27,00	— 3.
Acier	1,00 à 4,00	Chaudièrette.
—	5,00 à 30,00	Verticale tubulaire portable (1).
—	5,00 à 30,00	— à briqueter (1).
—	3,00 à 10,00	— sans tubes, soudée.
—	10,00 à 50,00	Horizontale à foyer en voûte (2).
—	6,00 à 55,00	— à foyer extérieur (2).
—	8,00 à 10,00	— à foyer intérieur (2).

Radiateurs Chappée.

MM. Chappée et fils, dont les bureaux et le dépôt sont situés 141, rue de Rennes, à Paris, ont organisé en 1896 dans leurs

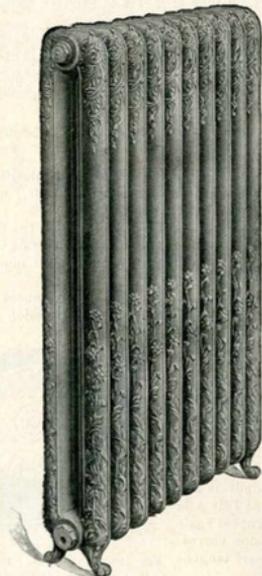


Fig. 127. — Radiateur Chappée.

usines d'Antoigné (Sarthe), la fabrication des appareils à vapeur. A l'Exposition universelle de 1889, dans deux stands remarquables, avec des chaudières de chauffage et des surfaces à ailettes, les premiers radiateurs construits en France suivant la méthode d'assemblage par nipples biconiques filetés.

Les radiateurs Chappée retiennent l'attention par l'élégance des formes, le fini et l'aspect parfaitement lisse des surfaces. Les

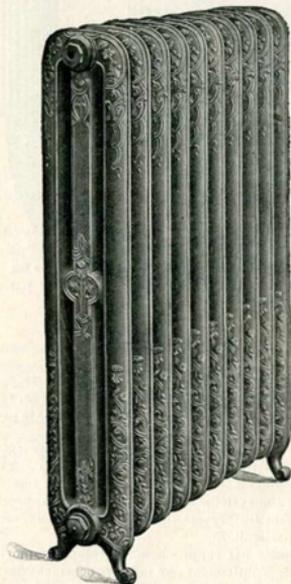


Fig. 128. — Radiateur Chappée.

ornements se détachent avec netteté, sans empiètements ni rugosités. Les deux modèles figurés ci-dessus sont choisis parmi les plus couramment employés des vingt que décrit le catalogue spécial.

Radiateurs en tôle.

MM. Forest et C^{ie}, 32, boulevard Henri-IV, présentent depuis quelque temps un nouveau type de radiateurs, en tôle emboutie, pour lesquels ils préconisent les avantages suivants :

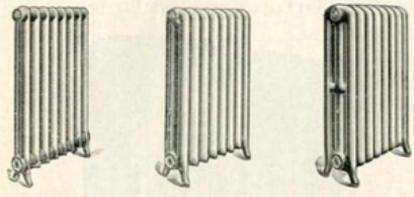
- 1° L'encombrement est deux fois moindre, à surface égale, en raison de l'épaisseur des éléments;
- 2° Le rendement est plus élevé pour une même surface de chauffe. Les constructeurs prétendent que cette augmentation varie de 10 à 20 % suivant les types;
- 3° La surface de ces radiateurs étant extrêmement lisse ne permet pas à la poussière de s'attacher;
- 4° En tous cas, le nettoyage en est très facile;
- 5° Le poids très réduit de ces appareils en rend l'emploi intéressant partout où la question de charge intervient, en particulier pour le chauffage des navires, marine militaire et marine marchande.

(1) Les chaudières verticales tubulaires portatives ou à briqueter peuvent, suivant demande, être fournies en tôle soudée ou en tôle rivée.

(2) Les chaudières horizontales peuvent être exécutées avec ou sans réservoir de combustible. Toutes les autres, sauf celles du type Alpha, possèdent un réservoir de combustible hors de l'espace réservé au foyer.



Radiateurs de la Compagnie Nationale des Radiateurs.
 Les radiateurs que construit la Compagnie Nationale des Radiateurs (fig. 129, 130, 131) sont en fonte. Ils sont légers, et présentent sous un faible encombrement un très grand rendement orifique. Ils se font en cinq hauteurs (0^m,51, 0^m,66, 0^m,81,



129. — Simple uni. FIG. 130. — Double uni. FIG. 131. — Triple uni.
 Radiateurs en fonte de la Compagnie Nationale des Radiateurs.

0,96 et 1^m,16) et peuvent être à 1, 2 ou 3 colonnes (Radiateur simple, Double et Triple). Les Radiateurs Spéciaux pour usines et parfaitement lisses, et à grand écartement entre les sections, si qu'il soit possible de toujours les maintenir parfaitement propres par un simple coup de brosse.

Tuyauteries en fer.

La fabrication des tubes en fer et en acier a pris en France et importance considérable depuis quelques années, et la spécialité du chauffage entre pour une grosse part dans la prospérité cette industrie.

On construit les tubes en fer et en acier principalement dans Nord, dans les Ardennes, et dans le centre de la France.

La Société anonyme des tubes d'Hautmont est une des plus importantes, et son système de tubes soudés par rapprochement, et moche, suivant les brevets de G et R. Moitroux, mérite une mention toute particulière.

Les tubes soudés par rapprochement, comme le montrent les hémas A et B, s'obtiennent par le rapprochement des champs de bandes de fer ou d'acier, ces champs étant toujours plus ou moins oxydés (fig. 132).

L'opération comprend deux ou trois passes à la cloche. Après première passe, la bande, simplement roulée, conserve en A un logement triangulaire, où viennent inévitablement se déposer

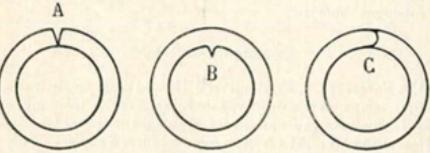


FIG. 132. — Fabrication des tubes en fer.

des impuretés, des crasses, des pailles de métal. Une deuxième passe enserre ces impuretés entre les lèvres de la soudure, au détriment du contact intime des parties saines du métal. Une troisième passe produit une *rentrure* B, qui arrive parfois à boucher les tubes de petits diamètres d'une manière presque complète.

Ces tubes soudés par rapprochement cèdent communément à la soudure, sous un effort de pression, de cintrage, de torsion. Aussi doit-on renoncer à leur emploi dans la confection des

coudes, cintrages, serpentins de petits rayons, et ils ne donnent aucune sécurité pour des conduites de vapeur à moyenne et à haute pression; on doit les réserver exclusivement aux conduites de gaz.

Les tubes soudés par recouvrement sont obtenus par le rapprochement de bandes dont les champs sont disposés en biseau, et qui viennent se recouvrir lorsqu'on roule la bande. Ils sont meilleurs que les précédents, et conviennent surtout aux chauffages par la vapeur à basse pression. Encore faut-il les cintrer avec précaution, et est-il assez difficile de réussir des serpentins de faibles rayons.

Les tubes construits suivant les procédés G et R. Moitroux, brevetés en France, en Belgique, en Allemagne, en Italie, sont soudés par rapprochement, suivant une méthode qui écarte tous les inconvénients.

D'après ce procédé, une encoche en demi-cercle est réservée dans l'un des champs de la bande; l'autre champ est arrondi, et vient pénétrer dans l'encoche lorsqu'on roule la bande, pendant la première phase de l'opération. La soudure C est telle que le tube de dimensions ordinaires, sans la moindre surépaisseur de métal, résiste aisément à une pression de 60 kg. par centimètre carré, même avec martelage extérieur sous pression.

A l'écartement, au moyen d'une broche tournée, et à l'essai d'aplatissement, 95 % de tubes du système Moitroux se sont ouverts ailleurs qu'à la soudure.

Les tubes peuvent aussi facilement se cintrer à des rayons égaux au diamètre du tube sans que la soudure subisse aucune altération.

Ce nouveau tube est donc appelé à rendre les plus grands services dans les canalisations de toutes espèces, les installations de chauffage sous pression, la confection des serpentins, en un mot, dans tous les travaux où le constructeur doit avoir sécurité complète au point de vue de la soudure.

Ventilateurs.

Les chauffages par pulsion d'air chaud (aéro-calorifères, aéro-condenseurs, utilisation de chaleurs perdues, etc.) nécessitent l'emploi de ventilateurs centrifuges.

Les ventilateurs de la maison Leroy et C^{ie}, 30, rue Berthollet, Paris, permettent de résoudre tous les problèmes de ventilation par insufflation ou par aspiration, combinés ou non avec les problèmes de chauffage.

Les ventilateurs à *Moyen Débit* (fig. 133) conviennent principalement pour refolements d'air, lorsque la pression à vaincre (résistance des conduites) est comprise entre 30 et 400 mm. de colonne d'eau.

Ils sont toujours calculés pour des débits correspondant à des vitesses de passage à la buse de 10 à 15 mètres par seconde, et ont, comme caractéristique que la pression correspondante à la vitesse de sortie de l'air à la buse de refolement est égale à 1,6 fois la pression correspondante à la vitesse tangentielle de la turbine.

La buse de refolement est carrée; le côté du carré, pour une turbine double, est égal à la moitié du diamètre de la turbine. Le diamètre de chacun des œillards est égal à 0,6 du diamètre de la turbine.

Le rendement mécanique varie de 50 à 70 %, suivant les diamètres.

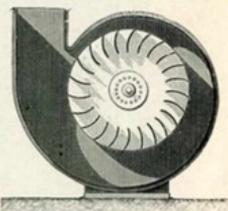


FIG. 133. — Ventilateur Leroy et C^{ie}, type à moyen débit à enveloppe en tôle.

Pour les grands ventilateurs, on a intérêt à employer des enveloppes en maçonnerie construites sur place (fig. 134).

Les ventilateurs à Grand Débit (fig. 135) sont surtout des aspirateurs. Ils conviennent pour des résistances à l'aspiration de 10 à 100 mm. de colonne d'eau.

Ils sont toujours calculés pour des débits correspondant à des vitesses de passage aux orillards inférieures à 10 mètres par seconde, et ont comme caractéristique que la pression correspon-

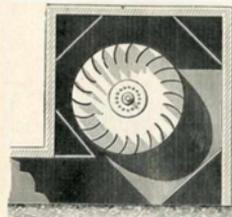


FIG. 134. — Ventilateur Leroy et C^{ie}, type à moyen débit à enveloppe en maçonnerie.

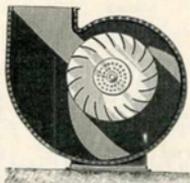


FIG. 135. — Ventilateur Leroy et C^{ie}, type à grand débit à enveloppe en tôle.

dante à la vitesse de sortie de l'air à la buse de refoulement est comprise entre 0,4 et 0,6 fois la pression correspondante à la vitesse tangentielle de la turbine.

La buse de refoulement est carrée; le côté du carré, pour une turbine double, est égal à 0,689 fois le diamètre de la turbine. Le diamètre de chacun des orillards est égal à 0,6 du diamètre de la turbine.

Le rendement mécanique est analogue à celui des ventilateurs à Moyen Débit.

On construit aussi, de préférence, ces ventilateurs avec enveloppe en maçonnerie pour les grands diamètres.

Les Déplaceurs d'air (fig. 136) conviennent les installations qui nécessitent le déplacement de grands volumes d'air, sans pression ni dépression.

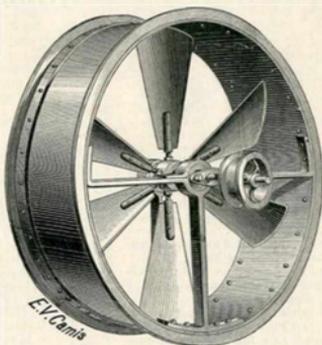


FIG. 136. — Déplaceur d'air Leroy et C^{ie}.

Leur débit se calcule pour une vitesse de passage de 10 mètres par seconde. On peut le placer horizontalement, verticalement, obliquement, dans une position quelconque.

Tous les ventilateurs Leroy et C^{ie} fonctionnent sans bruit et sans trépidation. Ils se font soit à commande par courroie, soit accouplés directement, avec des moteurs à vapeur, électriques, etc., etc.



TABLE DES FIGURES

Figures.	Pages.	Figures.	Pages.	Figures.	Pages.
1. Plan et coupe de l'usine type dont le chauffage sera étudié par les diverses méthodes.	7	30. Régulateur automatique de pression à siphon d'eau ou de mercure.	33	66. Robinet à soupape à trois voies.	48
2. Installation d'un poêle, de sa cheminée et d'une cheminée de ventilation.	12	31. Type schématique d'une chaudière à vapeur à basse pression, avec magasin de combustible et accessoires normaux.	36	67. Dispositif de chauffage par la vapeur d'échappement pour grande installation.	48
3. Type schématique d'un poêle à magasin de combustible.	13	32. Schéma du chauffage par la vapeur à basse pression de l'usine type (Atelier et magasins d'exposition).	37	68. Schéma de chauffage de l'usine type par la vapeur d'échappement (Grand atelier).	50
4. Tuyau de fumée d'un poêle et cheminée de ventilation.	14	33. Schéma du chauffage par la vapeur à basse pression de l'usine type (Hall et Bureaux).	38	69. Schéma de chauffage de l'usine type par la vapeur d'échappement (Tuyauteries pour magasins d'exposition, Lavabo, Réfectoire).	50
5. Prise d'air.	15	34. Robinet en acier pour chauffage par la vapeur à haute pression.	41	70. Valve thermostatique pour évacuation d'air.	52
6. Type schématique d'un poêle calorifère à magasin de combustible.	17	35. Joint à brides brisées sur tuyaux en acier.	41	71. Dispositif Atkinson pour chauffage par la vapeur à pression inférieure à la pression atmosphérique.	53
7. Cheminées de fumée et de ventilation (Bureaux de l'usine type).	17	36. Joint à brides brisées à emboîtement.	41	72. Régulateur de vide.	53
8. Type schématique d'un calorifère de cave à magasin de combustible.	19	37. Joint à brides libres.	41	73. Schéma de chauffage de l'usine type par la vapeur à pression inférieure à la pression atmosphérique (Grand atelier).	54
9. Tampon de ramonage sur la surface de chauffe d'un calorifère.	20	38. Joint à brides libres et à emboîtement.	41	74. Schéma de chauffage de l'usine type par la vapeur à pression inférieure à la pression atmosphérique (Magasins d'exposition, Lavabo, Réfectoire).	54
10. Clef de réglage à papillon régulateur sur le tuyau de fumée d'un calorifère.	20	39. Joint à brides dudgeonnées.	41	75. Théorie du chauffage par l'eau chaude à basse pression.	56
11. Bureaux de l'usine type. Disposition de la prise d'air et des conduits de chaleur d'un calorifère.	20	40. Garniture à joint métalloplastique.	41	76. Type schématique d'une chaudière à eau chaude, avec ses accessoires normaux.	59
12. Bureau de l'usine type. Plan d'ensemble de l'installation d'un calorifère.	20	41. Joint d'expansion à coulisse.	41	77. Schéma de chauffage de l'usine type par l'eau chaude. Disposition des chaudières et de leurs tuyauteries.	59
13. Départ d'un conduit d'air chaud sur la chambre de chaleur d'un calorifère.	20	42. Boucles d'expansion.	41	78. Calcul de la charge (Grand atelier).	60
14. Conduits d'air chaud sous plafond d'un sous-sol.	21	43. Tuyauteries avec boucles d'expansion.	41	79. Schéma de chauffage de l'usine type par l'eau chaude (Grand atelier).	60
15. Conduits d'air chaud passant en terre plein.	21	44. Supports de tuyauteries à rouleaux.	41	80. Calcul de la charge (Magasins d'exposition).	61
16. Conduits d'air chaud passant en terre plein dans un double conduit isolant.	21	45. Tubulure sur une surface de chauffe pour vapeur à haute pression.	42	81. Schéma de chauffage de l'usine type par l'eau chaude (Magasins d'exposition, Lavabo, Réfectoire).	61
17. Prise d'air extérieure pour un calorifère.	21	46. Support à billes pour grosses tuyauteries.	42	82. Calcul de la charge (Bureaux).	61
18. Dispositif de filtre dans la prise d'air d'un calorifère.	21	47. Purgeur automatique d'eau condensée à flotteur.	42	83. Schéma de chauffage de l'usine type par l'eau chaude (Bureaux et Hall).	62
19. Dispositif de filtre à air à grande surface.	21	48. Dispositif d'un détendeur et de ses accessoires.	42	84. Schéma d'un chauffage, système Perkins.	63
20. Dispositif de lavage d'air dans la prise d'air d'un calorifère.	21	49. Détendeur Deniau à contrepooids.	43	85. Joint de tuyauterie pour chauffage Perkins.	64
21. Chauffage par la vapeur à basse pression. Schéma théorique du système américain à 1 seul tuyau.	26	50. Détendeur Deniau à ressorts.	43	86. Boutelle d'expansion pour chauffage Perkins.	64
22. Dispositif de purge d'eau sur la canalisation principale de vapeur (drip).	26	51. Détendeur Bellfield à membrane.	43	87. Groupe de bouteilles d'expansion pour chauffage Perkins.	64
23. Robinet valve d'équerre à passage direct.	27	52. Détendeur Grouvelle et Arqueubourg à ressorts.	43	88. Schéma d'un chauffage à l'eau chaude à moyenne pression (Microsiphon).	64
24. Robinet peet-valve à passage direct.	27	53. Détendeur asservi Grouvelle et Arqueubourg.	43	89. Surface de chauffe à ailettes pour chauffage par l'eau chaude à moyenne pression (Microsiphon).	65
25. Chauffage par la vapeur à basse pression. Schéma théorique du système en cycle fermé à 2 tuyaux.	27	54. Servo-régulateur Grouvelle et Arqueubourg.	44	90. Surface de chauffe à ailettes embouties pour chauffage par l'eau chaude à moyenne pression (Microsiphon).	65
26. Robinet valve droit.	28	55. Tuyau en acier à ailettes embouties.	44	91. Chauffage par l'eau chaude à circulation accélérée, système par émulsion.	66
27. Chauffage par la vapeur à basse pression. Schéma théorique du système en cycle ouvert à 2 tuyaux.	28	56. Purgeur automatique Geipel.	44		
28. Chauffage par la vapeur à basse pression. Théorie du réservoir d'expansion et de stéréc.	32	57. Purgeur automatique, syst. Heintz.	44		
29. Régulateur automatique de pression à membrane.	33	58. Purgeur automatique Grouvelle et Arqueubourg.	44		
		59. Purgeur automatique Willems et Cremer.	44		
		60. Schéma du chauffage par la vapeur à haute pression de l'usine type (Grand atelier).	45		
		61. Schéma du chauffage par la vapeur à haute pression de l'usine type (Magasins d'exposition, Lavabo, Réfectoire).	46		
		62. Dispositif de chauffage par la vapeur d'échappement, par soupape de contrepression.	48		
		63. Soupape de contrepression.	48		
		64. Dispositif pour addition de vapeur vierge à la vapeur d'échappement.	48		
		65. Dispositif de chauffage par la vapeur d'échappement, par robinet à trois voies.	48		

TABLE DES FIGURES



Figures.	Pages.	Figures.	Pages.	Figures.	Pages.
92. Chauffage par l'eau chaude à circulation accélérée système par émulsion	67	105. Chaudière Leroy et C ^o .	82	122. Chaudière Phébus ronde pour vapeur	88
93. Chauffage par l'eau chaude à circulation accélérée, système par pulsion, système Rouquaud.	68	106. Chaudière verticale AB de la Société de Montbard.	83	123. Vue de l'élément de la chaudière « Phébus ».	88
94. Chauffage par l'eau chaude à circulation accélérée, système Barker.	68	107. Chaudière horizontale « Exacte » de la Société de Montbard.	83	124. Diagramme de marche d'une chaudière « Phébus ».	88
95. Chauffage par l'eau chaude à circulation accélérée système par pompe aspirante.	69	108. Chaudière à eau chaude à circulation accélérée « l'Intensive » de la Société de Montbard.	83	125. Chaudière « Phébus » ronde à retour de flamme.	88
96. Réservoir d'eau chauffé par la vapeur	70	109. Chaudière « Cyclone » vue de face.	84	126. Chaudière Chappée, type « Préférable ».	88
97. Schéma de ventilation mécanique (Grand atelier)	72	110. Chaudière « Cyclone » vue de côté.	84	127. Radiateur Chappée.	89
98. Schéma de ventilation mécanique (Magasins d'exposition, Bureaux, Hall).	72	111. Chaudière « Cyclone » vue de face.	84	128. Radiateur Chappée.	89
99. Schéma de chauffage de l'usine type par insufflation mécanique d'air chaud (Grand atelier).	73	112. Chaudière « Cyclone » : 1/2 coupe d'une section montrant la circulation : A, de l'eau; B, des gaz.	85	129. Radiateurs en fonte de la Compagnie Nouvelle des Radiateurs. Simple uni	90
100. Schéma de chauffage de l'usine type par insufflation mécanique d'air chaud (Magasins d'exposition, Hall, Bureaux, Lavabo, Réfectoire).	74	113. Chaudière « Premier » pour eau chaude	85	130. Radiateurs en fonte de la Compagnie Nouvelle des Radiateurs. Double uni	90
101. Schéma type d'un aéro-calorifère	74	114. Chaudière « Premier » pour vapeur	85	131. Radiateurs en fonte de la Compagnie Nouvelle des Radiateurs. Triple uni.	90
102. Distributeur de liquide antiseptique pour humidificateur	74	115. Morceau d'une grille de chaudière Strebél	86	132. Fabrication des tubes en verre	90
103. Aéro-calorifère à vapeur	78	116. Chaudière Strebél à eau chaude.	86	133. Ventilateur Leroy et C ^o , type à moyen débit et à enveloppe en tôle.	90
104. Schéma type d'un aéro-calorifère à vapeur	78	117. Élément de la chaudière Strebél à vapeur série A.	86	134. Ventilateur Leroy et C ^o à moyen débit et à enveloppe maçonnée.	90
		118. Chaudière Strebél à vapeur de la série D.	86	135. Ventilateur Leroy et C ^o à grand débit et à enveloppe en tôle.	91
		119. Éléments jumelés de la chaudière Strebél « Catena »	86	136. Déplaceur d'air Leroy et C ^o .	91
		120. Vue extérieure d'une chaudière Strebél « Catena » à trois foyers.	86		
		121. Vue perspective de la chaudière « Phébus ».	87		

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES



Déchets de combustible. de liège	2 79	Hall :	Pages.	Montbard-Aulnoye (Société de) de)	9	95
Densité — des vapeurs	4 5	Calcul de calories	9	Moteurs à gaz, à pétrole	15	85
Dépense de force occasionnée par le travail.	3	Chauffage par poêles calorifères — par calorifères à air chaud.	18 18	Nécessité du chauffage, de la ventilation.	1, 2,	3
Dépense d'installation et de fonctionnement des appareils de chauffage de l'usine-type :		— par vapeur à basse pression 35, — par vapeur à haute pression 50, — par vapeur d'échappement 56, — par vapeur à pression égale ou inférieure à la pression atmosphérique. 54,	35, 50, 56, 55	Niveau d'eau	32	3
Par des poêles	14	— par eau chaude à basse pression. 61 — par eau chaude à haute pression. 65 — par eau chaude à circulation accélérée	61 65 69	Notes techniques	3	
Par des poêles calorifères.	15	par eau chaude chauffée par la vapeur.	69	Papier ondulé.	79	
Par des calorifères à air chaud	22	— par aéro-calorifères. 72, Hygromètres 2, Hygrométrie. 2,	72, 78	Papin (A.) : Refroidissement des locaux industriels	2	
Par des calorifères genre Michel Perret	24	« Idéal » (Chaudières)	84	Péclet : Coefficients de transmission	12	
Par vapeur basse pression.	39	Inconvénients du chauffage à vapeur en cycle fermé à 2 tuyaux.	85	Peet-Valves	27	
— haute pression	41	— du chauffage à vapeur en cycle fermé à 1 tuyau	26	Perkins : Chauffage.	63	
d'échappement	55	Ingénieurs-conseils	81	Pertes de charge	56, 57, 58	
à pression égale ou inférieure à la pression atmosphérique.	55	Injection	67	Poêles	11, 12, 13, 14	
Par eau chaude à basse pression	62	« Intensive »	5	calorifères.	11, 16, 17, 16	
— à haute pression	65	Inspecteurs du travail	77	à fumée plongeante		
— à circulation accélérée	69	Installateurs.	81	Poids de charbon à brûler :		
— chauffée par la vapeur	71	Joint de brides.	81	Chauffage par poêles	11, 14	
Par aéro-calorifère.	75	— d'expansion	14	par calorifères à air chaud.	17, 18	
Par chaleurs perdues des foyers industriels.	76	— de tuyaux Perkins.	51	— par calorifères genre Michel Perret	24	
— des moteurs à gaz, à pétrole.	76	Kieselguhr.	38, 39	— par vapeur à basse pression.	39	
Par aéro-condenseur (vapeur d'échappement)	77	Lavabos :		— par vapeur à haute pression	47	
Par chauffage électrique.	79	Calcul de calories	10	— par vapeur d'échappement	51	
Descriptions d'appareils employés en chauffage	81	Chauffage par poêles	15	— par vapeur à pression égale ou inférieure à la pression atmosphérique.	55	
Despretz	3	— par calorifère à air chaud	22	— par eau chaude à basse pression.	61	
Détendeurs	52, 43	— par vapeur à basse pression. 37, — par vapeur à haute pression. 40, — par vapeur d'échappement. 44, — par vapeur à pression égale ou inférieure à la pression atmosphérique. 54,	37, 40, 44, 55	— par eau chaude à haute pression.	65	
Diagramme de marche d'une chaudière Phébus	87	— par eau chaude à circulation accélérée	69	— par eau chaude chauffée par la vapeur.	71	
Diamètres des tuyauteries de vapeur.	28, 29	— par aéro-calorifères	75	— par aéro-calorifères	75	
Differential pressure controlling valve	54	« Premier » (Chaudières)	84, 85	Poids spécifique.	20	
Dilatation	52	Principe de la distribution de vapeur	35	Pompe d'appel	23	
Dispositif Atkin-on	26	— de la distribution d'eau chaude.	59, 60	Possier de coke	2, 23	
Drip	3	du chauffage à eau chaude à basse pression	56, 57, 58	Pression	5, 82	
Dulong	3	— du chauffage à eau chaude à haute pression	63	« Premier » (Chaudières)	84, 85	
Eau chaude	2	du chauffage à eau chaude à haute pression	63	Principe de la distribution de vapeur	35	
— à basse pression.	11, 55	du chauffage par pulsion d'air chaud.	74	— de la distribution d'eau chaude.	59, 60	
— à haute pression.	11, 65	Prises d'air	14, 17, 20, 21	du chauffage à eau chaude à basse pression	56, 57, 58	
— à circulation accélérée	11, 66, 69	Prony (formule)	57	— du chauffage à eau chaude à haute pression	63	
— chauffée par la vapeur	11, 70	Pulsion d'air chaud	11, 74	du chauffage à vapeur.	24, 25	
Economie d'installation.	2	Purge d'eau	26	du chauffage par pulsion d'air chaud.	74	
Effet calorifique	2	Purgeurs automatiques	25, 40, 44	Prises d'air	14, 17, 20, 21	
Emulsion	66, 67	Purgeurs d'air.	52	Prony (formule)	57	
Entrainements d'eau	30	Oppression	3	Pulsion d'air chaud	11, 74	
Entrée d'air au-dessus de la grille.	82	Raccords de tuyauteries en fonte malléable.	33	Purge d'eau	26	
Enveloppes calorifères.	5, 35, 38, 62, 79	Radiateurs.	29, 31, 89, 90	Purgeurs automatiques	25, 40, 44	
Equivalent mécanique de la chaleur.	3	Radiateurs Chappée	89	Purgeurs d'air.	52	
Etat de la santé.	3	Radiateurs de la Compagnie nationale des Radiateurs	89	Rafraichissement des locaux industriels.	2	
— d'ébullition	5	Radiateurs Forest et C ^o en tôle soudée.	89	Razous (ouvrages utilitaires)	1	
— hygrométrique de l'air	3, 5	Radiation	5, 6	Réfectoire :		
Etude des appareils de chauffage	3, 5	Rafraichissement des locaux industriels.	2	Calcul de calories	10	
— des chaudières.	30, 35, 58, 59	Razous (ouvrages utilitaires)	1	Chauffage par poêles.	15	
Evacuation d'air vicié.	13, 15, 22, 39, 41, 73, 74	Réglage de la combustion	13, 32	— par calorifères à air chaud.	22	
— des poussières.	3, 75	Manomètres.	5, 32	— par vapeur à basse pression.	35	
Expansion.	4	Microsiphon.	64	— par vapeur à haute pression.	40, 44, 46	
Filateurs	3	Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale	1	— par vapeur d'échappement	49, 50	
Filtres à air.	21, 74	Motifroux (Tubes).	89	— par vapeur à pression égale ou inférieure à la pression atmosphérique.	54, 55	
— à huile.	58, 49, 57			— par eau chaude à basse pression.	61	
Flament (Pertes de charge).	81			— par eau chaude à haute pression.	65	
Fonderies modernes	81			— par aéro-calorifère	65	
Force musculaire	3			— par eau chaude à haute pression.	65	
Forest et C ^o (Radiateurs)	89			— par aéro-calorifère	65	
Frois (Marcel) ouvrages utilitaires.	1			— par eau chaude à haute pression.	65	
Fraisils de forge	2			— par aéro-calorifère	65	
Fusion.	5			— par eau chaude à haute pression.	65	
Gaz de la combustion.	12			— par aéro-calorifère	65	
— saturés.	12			— par eau chaude à haute pression.	65	
Générateurs	25, 29, 30			— par aéro-calorifère	65	
Génie civil.	27			— par eau chaude à haute pression.	65	
Gravité	27			— par aéro-calorifère	65	



TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

	Pages.		Pages.		Pages.
gault.	3	Société de Montbard-Aulnoye	82, 83	Thermodynamique	3
généralisation.	33, 82	Soins à donner aux chaudières	34	Thermomètres.	4
de température	79	Souppape de contrepression.	48	Thermostats.	52
de vide.	52	Souppapes de sûreté.	52, 48	Transmission de la chaleur.	6
édiment des calorifères à air chaud.	19	— de sûreté hydrauliques	28	— de la chaleur à travers les parois.	6, 12
des chaudières.	30, 35	Strebel (Chaudières)	85, 86	Tubes Moitroux.	89
des poêles	12	Supports de tuyauteries	41, 42	Tuyauteries.	25, 29, 33, 40, 42, 58, 59, 89
des poêles calorifères	16	Surfaces chauffantes	20, 25, 33, 40, 42, 16	Tuyaux à ailettes.	34, 44, 54, 55, 65, 63
pos de chaleur	12	— de sûreté	43, 64, 65	— Perkins	26
servoir d'expansion (eau chaude)	59, 60	Surface de grille	11, 30, 58	— de purge.	26
d'expansion et de sûreté (vapeur).	32, 35			— de sûreté	28, 35
sidus de foyers industriels.	82	Tableau de calcul des calories	10	Usine-type.	7
spiration	2	Tableaux de calculs du chauffage de l'usine-type.	11, 15, 16, 18, 35, 39, 72	Utilisation de chaleur perdue	1, 75, 76, 77, 90
sumé	3	— 44, 47, 49, 54, 55, 58, 65, 69, 80		Vacuum system	54, 55
de calcul de calories.	10	Tableau de comparaison entre les divers systèmes de chauffage appliqués à l'usine-type.	17	Valve thermostatique	5, 52
tour par gravité	57	Tableaux des coefficients de réduction.	56, 57	Vapeur.	5, 24
ynold (pertes de charge).	58	Tableau des vitesses théoriques	58	— à basse pression.	11, 35
binet à souppape à 3 voies	58	Tampons de ramonage	29	— à haute pression.	11, 40
à 3 voies	52	Température du corps humain	3	— à moyenne pression	41
binets d'arrêt.	25, 50, 41, 42	— d'ébullition	5, 24	— à pression égale ou inférieure à la pression atmosphérique	54
de distribution	25, 34, 50, 41, 27	— de fusion.	5	— d'échappement.	2, 11, 50, 77
binet valve d'équerre	28	— de l'eau aux diverses pressions.	63	— saturée.	5, 25
valve droit.	27	— de la vapeur aux diverses pressions.	53, 40, 53	— surchauffée	5, 25
peet-valve	23	— nécessaire dans les locaux industriels	57	Ventilateurs Leroy et C ^{ie} à moyen débit.	90
binets régleurs.	29, 34, 57	Tension	3	— à grand débit, déplaceurs d'air	90, 91
binson	68	Théorie des vibrations	5	Ventilation de l'usine-type	10, 13, 22, 24, 35, 40, 50, 54, 60, 65, 69, 70, 72, 78
uquaud (système)	57	— mécanique de la chaleur	4	— des usines	1, 2, 3, 6, 7, 72, 78
		— du chauffage à eau chaude	56, 57, 58	— mécanique	72, 78
		— du chauffage à eau chaude à circulation accélérée.	44	— par pulsion d'air pur	71
ures	5	— du chauffage à eau chaude à haute pression	66	Vide (Accélération par production du)	54
uin.	3	— du chauffage à eau chaude à haute pression	63	— (Vacuum system)	54, 55
parateurs d'huile	18	— du chauffage à vapeur.	24, 25	Vitesse de circulation (chauffage à eau chaude)	56, 57
r (Physique industrielle)	43, 44				
ro-régulateurs.	43, 44				
ffet d'alarme	42				
ciété anonyme des tubes d'Haumont.	89, 90				

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES



	Pages.		Pages.
Utilisation de la vapeur d'échappement par aéro-condenseurs.	77	Résumé .	80
Dépense totale d'installation	77	Tableau de comparaison entre les divers systèmes de chauffage appliqués au chauffage de l'usine type	80
Calcul de la dépense de fonctionnement	77	Conclusion	80
Aéro-calorifère à vapeur	78		
Ventilation et hygrométrie	78		
Abaissement de la température des ateliers par insufflation d'air refroidi par l'eau	79		
		CHAPITRE XX	
		Quelques descriptions d'appareils employés en chauffage.	
CHAPITRE XIX			
Systèmes et appareils divers. Comparaison des divers systèmes appliqués au chauffage de l'usine type.		Considérations générales	81
		Chaudières.	81
		— en fonte, leur emploi à l'étranger	81
		Constructeurs et installateurs	81
		Ingénieurs-conseils.	81
Chauffage électrique	79	Chaudières en tôle rivée.	81
Réglage automatique de la température	79	— Leroy et C ^{ie} .	82
Calorifuges	79	— en tôle soudée	82
		Chaudières SMMA de la Société de Montbard-Aulnoye.	84
		— en fonte à grands foyers	85
		— de la Compagnie Nationale des Radiateurs	85
		Idéal type <i>Cyclone</i>	85
		Idéal type <i>Premier</i>	85
		— Strehel	85
		— en fonte à Magasin de combustible.	87
		— Phébus	87
		— Chappée	88
		Radiateurs Chappée.	89
		— en tôle (Forest et C ^{ie})	89
		— en fonte de la Compagnie Nationale des Radiateurs	89
		Tuyauterie en fer.	89
		Tubes Maitrons de la Société anonyme des Tubes d'Hautmont.	89
		Ventilateurs	90
		— Leroy et C ^{ie} .	90, 91



ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM