

AIDE MÉMOIRE PRATIQUE DE L'INGÉNIEUR

CHAUFFAGE
ET
VENTILATION

6

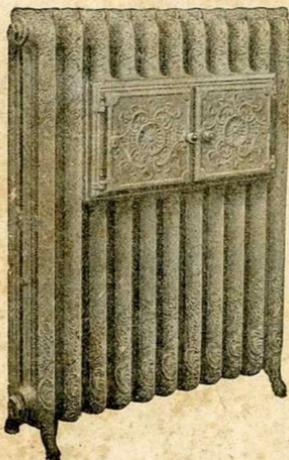
J. LOUËT & C^E
15, R^{UE} ST MARTIN
PARIS

RADIATEURS DE SALLE A MANGER

Notre nouveau Modèle réalise par ses dimensions réduites et la modicité de son prix le RADIATEUR Chauffe-plat demandé pour les Salles à manger de dimensions ordinaires.

Les parois du four étant constituées par les sections mêmes du Radiateur, la circulation d'eau chauffe le four directement et permet d'obtenir les meilleurs résultats avec une installation à eau chaude.

Le plus petit numéro a une surface de chauffe de 2^m 80 et son four mesure 30 × 26 × 26^{cm}.



Demandez notre Catalogue
général des

RADIATEURS
CHAUDIÈRES
ACCESSOIRES

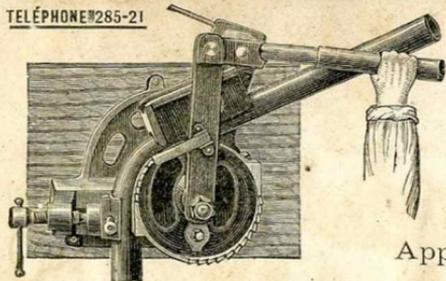
IDÉAL

COMPAGNIE NATIONALE DES RADIATEURS

24, Rue de Mogador, Div. II

PARIS

TÉLÉPHONE 285-21



APPAREILS A CINTRER LES

(Fer, Acier, Cuivre)

" LE CENTAURE "

Breveté en France et à l'Étranger.

POUR ATELIER

POUR MONTAGE

Cintre de 11 à 114 m/m, jusqu'à 40/49 m/m à froid

Appareils plus puissants sur demande

DEMANDER PROSPECTUS ET RÉFÉRENCES

RULF FRÈRES, Ingén.-Constr., 15, boul. St-Martin, PARIS



Nettoyage Central par Aspiration

Installations fixes et transportables

Plus de

Battage

Pour Villas, grands et petits Hôtels
Maisons de rapport
Hôpitaux, Théâtres, Administrations
et Industries diverses.

Hygiène

Plus de

Balayage

RULF FRÈRES

Ingénieurs-Constructeurs

Simplicité

PARIS

BRUXELLES

Rapidité

15, boulevard. St-Martin

157, rue Jourdan

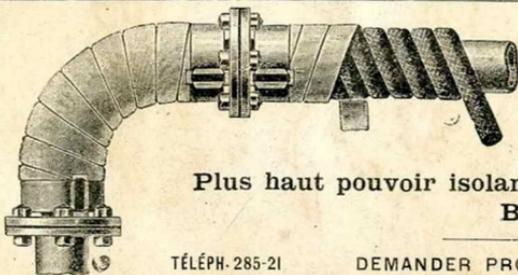
Plus de

Grand Nettoyage

TÉLÉPHONE 285-21

TÉLÉPHONE 64-38

Bon Marché



CALORIFUGES EN CORDE DE SOIE

Fossil, Meal, Amiante, etc.

Plus haut pouvoir isolant — Facilité de pose — Légèreté
Bon marché

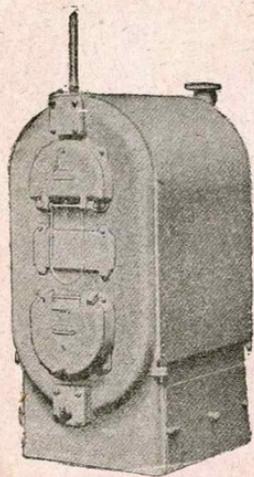
TÉLÉPH. 285-21

DEMANDER PROSPECTUS ET RÉFÉRENCES

RULF FRÈRES, INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS 15, Boulevard Saint-Martin, 15, PARIS

CHAUDIÈRES STREBEL

A ÉLÉMENTS A FLAMMES RENVERSÉES



Vue extérieure de la chaudière
à eau chaude

Les plus
rationnelles

Les plus
économiques

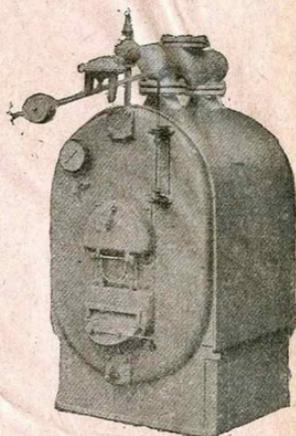
Eau chaude

26 grandeurs

Vapeur

32 grandeurs

CATALOGUES FRANCO



Vue extérieure de la chaudière
à vapeur, série A.

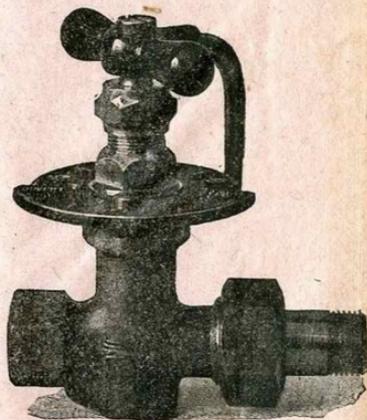
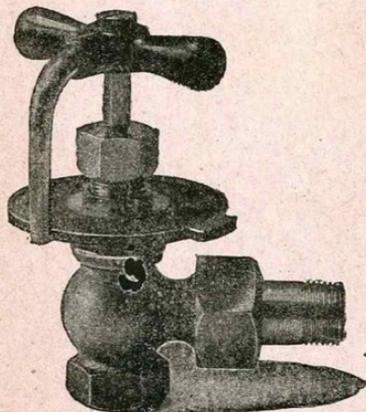
ACCESSOIRES

ROBINETTERIE

Eau chaude

—
Vapeur

PURGEURS



R.-O. MEYER, 149-151, rue de Rome, **PARIS (17^e)**

TÉLÉPHONE : 551-64.

ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : **ROMEYER-PARIS.**

Limité au chauffage

CHAUFFAGE ET VENTILATION

PAR

Ed. DENY

Officier d'Académie

Ingénieur, Ex-Directeur de l'Usine de Mertzwiller (Alsace).

1^{er} prix. Concours sur « le Chauffage » ouvert par la Société nationale d'Hygiène, à Paris.
Lauréat de plusieurs sociétés scientifiques et industrielles sur les questions concernant
le Chauffage et la Ventilation.

1. — Modes de propagation, de dispersion et de transmission de la chaleur.

La propagation de la chaleur, sa dispersion s'effectue par rayonnement et par conduction.

Le *rayonnement* est le passage de la chaleur d'un corps plus chaud à un corps plus froid à travers l'espace, sans que cet espace lui-même soit chauffé. Il n'a d'effet thermique que lorsqu'il rencontre un corps qui ne laisse pas passer la chaleur ou ne la laisse passer qu'imparfaitement.

Rayonnement de chaleur. — L'intensité du rayonnement est proportionnelle au cube de la température absolue ($273^{\circ} + t^{\circ}$ C.) du corps rayonnant et inversement proportionnelle au carré de la distance.

L'absorption des rayons calorifiques du soleil par l'air est faible : 20 à 33 p. 0/0. Le rayonnement est négligé en pratique pour l'air.

D'après Dulong et Petit, pour des différences de températures allant jusqu'à 260° C., le rayonnement

$$R = 124,72 K_1 + 1,0077^t (1,0077^{T-t} - 1).$$

R = est la quantité de chaleur cédée par rayonnement à l'unité de surface 1 m^2 , par heure, en calories ;

T = la température du corps rayonnant ;

t = la température du corps absorbant la chaleur rayonnée ;

K_1 = un coefficient dépendant de la substance de la surface émissive et indépendant de la forme et de la grandeur du corps, pourvu que la surface n'offre pas de parties rentrantes.

Les valeurs de K_1 pour différentes matières sont contenues dans le tableau suivant :

Coefficients de Rayonnement de chaleur K_1 pour différents corps, d'après Péclet.

TABLEAU I

| Métaux. | | | | | |
|----------------------------|-------|----------------------------------|------|---------------------------|-------------|
| Cuivre rouge | 0,16 | Fonte neuve lisse. | 3,17 | Tôle plombée ou zinguée | 0,65 |
| Etain | 0,215 | » rouillée | 3,36 | Tôle rouillée | 3,36 |
| Zinc | 0,24 | Tôle lustrée. | 0,45 | Argent | 0,13 |
| Laiton poli | 0,258 | » ordinaire | 2,76 | Fer rouillé | 3,36 |
| Autres corps. | | | | | |
| Etoffe de coton | 3,65 | Huile. | 7,24 | Copeaux de bois. | 3,53 |
| Pierres de construction | 3,6 | Peinture à l'huile. | 3,71 | Etoffe de soie. | 3,71 |
| Plâtre | 3,6 | Papier | 3,77 | Eau | 5,31 |
| Verre ordinaire. | 2,91 | » argenté. | 0,42 | Etoffe de laine | 3,68 |
| Bois | 3,6 | » doré. | 0,23 | Briques. | 3,6 |
| Charbon en poudre. | 3,42 | Sciure de bois résineux. | 4,01 | Ivoire, marbre | 3,50 à 3,70 |
| Craie en poudre. | 3,32 | Sable fin. | 3,62 | | |

Le pouvoir *rayonnant* ou *émisif* d'une surface est égal à son pouvoir *absorbant*. Il varie suivant la nature et l'état de la surface, la couleur n'a qu'une influence secondaire. Les surfaces mates émettent ou absorbent le maximum de chaleur, principalement si elles sont noires ; les surfaces polies, principalement si elles sont blanches, en émettent ou absorbent le minimum.

Conduction de la chaleur. — Si un corps chaud est en contact avec un corps plus froid, la chaleur du corps chaud se propage d'un corps à l'autre par contact des molécules. L'un et l'autre tendent vers un équilibre de température. Ce genre de propagation de chaleur s'appelle *conduction de la chaleur* et se calcule par la formule approchée de Newton :

$$A = K_2 (T - t)$$

ou la formule plus exacte de Dulong

$$A = 0,552 K_2 (T - t)^{1,233}$$

A = Quantité de chaleur, en calories, passant en 1 heure, à travers l'unité de surface (1 m²) par conduction.

T = la température du corps le plus chaud, t la température du corps ou de la partie du corps plus froid.

K₂ = Coefficient de conductibilité dépendant de la grandeur et de la forme de la surface du corps et indépendant de la nature de cette surface.

Si le corps qui reçoit la chaleur est l'air atmosphérique, ce coefficient qui est la conduction de l'air se représente par K₃.

La quantité totale de chaleur cédée par un corps à son entourage par rayonnement et conduction est :

$$Q = R + A = 124,72 K_1 + 1,0077^t (1,0077^{(T-t)} - 1) + 0,552 K_2 (T - t)^{1,233}$$

Coefficients de conductibilité K_3 .

TABLEAU II

| | | | | | |
|--------------------------------|------|---------------------------------|-------------|-----------------------------------------|-------|
| Cuivre rouge | 69 | Calcaire | 2,08 à 1,70 | Sapin, normalement aux fibres | 0,093 |
| Etain | 22 | Grès | 1,32 à 1,27 | Sapin, suivant les fibres | 0,170 |
| Zinc | 28 | Plâtre | 0,33 | Noyer, normalement aux fibres | 0,103 |
| Plomb | 14 | » moulu, à grains | 0,52 | Noyer, suivant les fibres | 0,174 |
| Fer | 28 | Sable quartzeux | 0,27 | Chêne | 0,211 |
| Marbre à grains fins | 3,48 | Terre cuite argileuse | 0,69 à 0,51 | Cendres de bois | 0,06 |
| » à gros grains | 2,78 | Terre | 0,88 à 0,75 | Coke en poussier | 0,16 |

Le coefficient K_3 relatif au contact de l'air dépend de la forme du corps. Pour surfaces cylindriques horizontales :

$$K_3 = 2,058 + \frac{0,0382}{r} \quad r = \text{rayon de la surface.}$$

Pour surfaces cylindriques verticales :

$$K_3 = \left(0,726 + \frac{0,0345}{\sqrt{r}} \right) \cdot \left(2,43 + \frac{0,8758}{\sqrt{h}} \right)$$

r = rayon de la surface, h = hauteur du cylindre en mètres.

Coefficients de conductibilité K_3 relatifs au contact de l'air pour surfaces cylindriques verticales

TABLEAU III

| Rayon r en mètres | Hauteur du cylindre en mètres | | | | | | |
|------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|-------|
| | 0,50 | 1 m. | 2 m. | 3 m. | 4 m. | 5 m. | 10 m. |
| 0,025 | 3,55 | 3,20 | 2,95 | 2,84 | 2,79 | 2,73 | 2,62 |
| 0,05 | 3,22 | 2,90 | 2,68 | 2,57 | 2,52 | 2,48 | 2,38 |
| 0,10 | 3,05 | 2,75 | 2,54 | 2,44 | 2,39 | 2,35 | 2,26 |
| 0,20 | 2,93 | 2,65 | 2,45 | 2,35 | 2,30 | 2,26 | 2,17 |
| 0,30 | 2,88 | 2,60 | 2,40 | 2,31 | 2,26 | 2,22 | 2,13 |
| 0,40 | 2,85 | 2,57 | 2,37 | 2,28 | 2,23 | 2,20 | 2,11 |
| 0,50 | 2,83 | 2,55 | 2,36 | 2,26 | 2,22 | 2,18 | 2,09 |

Pour surfaces planes verticales $r = \infty$ et $K_3 = 1,764 + \frac{0,636}{\sqrt{h}}$

suivant que

$h = 0,1 \quad 0,2 \quad 0,3 \quad 0,4 \quad 0,5 \quad 0,6 \quad 1m. \quad 2m. \quad 3m. \quad 4m. \quad 10m. \quad 15m. \quad 20m.$
on trouve :

$K_3 = 3,848 \quad 3,186 \quad 2,926 \quad 2,770 \quad 2,660 \quad 2,585 \quad 2,40 \quad 2,21, \quad 2,13 \quad 2,08 \quad 1,96 \quad 1,92 \quad 1,90$

Conduction de la chaleur. — Les corps solides s'échauffent par conductibilité ; pour les fluides et les corps pulvérulents l'échauffement uniforme n'a lieu que par une agitation continue amenant le renouvellement des surfaces en contact qui détermine une conductibilité relative. Dans les fluides, l'agitation, la circulation s'obtient d'elle-même par les différences de densité qu'occasionne l'échauffement ; avec les corps pulvérulents l'agitation doit être provoquée artificiellement.

Chauffage méthodique. — Les courants fluides, des deux côtés d'une paroi à travers laquelle s'opère le chauffage, doivent être de sens inverse, ce qui élève la limite de l'échauffement jusqu'à la température T du corps échauffant ; au lieu que si les deux circulations sont de même sens, cette limite est intermédiaire entre T et t la température du corps à échauffer.

Même lorsque t est constant et que la chaleur transmise est entièrement absorbée en chaleur latente, comme dans les chaudières à vapeur, il y a avantage à pratiquer le chauffage méthodique, parce que les poids des deux fluides mis en présence par l'intermédiaire d'une paroi donnée sont plus considérables.

Il faut que le fluide échauffant soit évacué par le bas, en renversant le courant naturel ; de la sorte on n'évacue que les couches les plus denses, qui sont les plus refroidies, et comme le fluide échauffé va au contraire en s'élevant de l'autre côté de la paroi de séparation, le chauffage méthodique se trouve réalisé.

On ne doit renoncer au chauffage méthodique que si la température T du corps échauffant est capable d'endommager, de détruire la paroi séparative des deux fluides en circulation, comme dans certains surchauffeurs.

Quantité de chaleur transmise à travers une paroi

a) Par circulation de même sens.

$$A = \frac{S \cdot K_2 (t' - t'' + t_2 - t_1)}{\log. \text{ nat. } (t' - t_1) - \log. \text{ nat. } (t'' - t_2)}, \text{ en calories par heure.}$$

b) Par circulation inverse, chauffage méthodique.

$$A = \frac{S \cdot K_2 (t' - t'' + t_2 - t_1)}{\log. \text{ nat. } (t' - t_2) - \log. \text{ nat. } (t'' - t_1)}, \text{ en calories par heure.}$$

c) A température constante de la surface chauffante ($t = t' = t''$) circulation unique.

$$A = \frac{S \cdot K_2 (t_2 - t_1)}{\log. \text{ nat. } (t - t_1) - \log. \text{ nat. } (t - t_2)}, \text{ en calories par heure.}$$

Pour de faibles écarts de température, la formule suivante suffit.

$$A = S \cdot K_2 \left(\frac{t' + t''}{2} - \frac{t_1 + t_2}{2} \right), \text{ en calories par heure}$$

Pour $\frac{t' - t_1}{t'' - t_2} = 1$, le résultat de l'équation approximative est exact ; pour des valeurs de quotient descendant à 0,25 ou s'élevant jusqu'à 4, le résultat est d'environ 15 p. 0/0 trop faible.

A = Quantité de chaleur traversant par heure la surface S, en calories ;

S = Surface commune de la paroi de séparation en contact avec les fluides ;

K₂ = Coefficient de transmission = quantité de chaleur traversant la paroi de séparation par heure, par m² et par degré C de différence de température ;

- t' = température initiale du fluide fournissant la chaleur, en degrés C.
 t'' = » finale » » » »
 t_1 = » initiale » absorbant » »
 t_2 = » finale » » » »

Coefficients de transmission de la chaleur à travers une paroi métallique.

TABLEAU IV

| | |
|---------------------------------------------|---------------|
| Fumée ou air à travers métal à air. | 5 à 7 |
| Vapeur » » | 10 à 14 |
| Eau » » | 9 à 13 |
| Vapeur » » à eau | 800 à 1.000 |
| » » » à eau bouillante | 4 000 à 5.000 |
| Eau » » à eau | 300 à 400 |

Ces coefficients s'appliquent approximativement lorsque la vitesse de circulation du fluide recevant la chaleur est moindre que 10 mètres ; pour des vitesses supérieures, ils peuvent être de plus du double.

Pour de faibles différences de températures, l'épaisseur du métal et sa nature ont une influence minime. Pour des différences plus grandes, à épaisseur de paroi égale, il y a à tenir compte de la conductibilité plus ou moins grande de chaque nature de métal (Voir tableau V).

D'après Fouché, pour des tuyaux de cuivre ou de fer, le coefficient K_2 ou quantité de chaleur transmise par heure et par m² de surface, et pour le 1^{er} degré de la différence ($t' - t_1$) serait :

| | | | |
|-----------------------------------------------------------|---------|---------------|------|
| Dans l'air calme, tuyau vertical | $K_2 =$ | 5,69 | cal. |
| Dans un courant d'air transversal au tuyau. | | | |
| Vitesse de l'air 1,87 m. par seconde | $K_2 =$ | 14,15 | » |
| » 4,30 m. » | $K_2 =$ | 23,90 | » |
| » 4,80 m. » | $K_2 =$ | 26,80 | » |
| Dans l'air, la surface du tuyau étant constamment arrosée | | | |
| d'eau à la température de l'air ambiant | $K_2 =$ | 465 | » |
| Dans l'eau non bouillante | $K_2 =$ | 371 | » |
| Dans l'eau en ébullition | $K_2 =$ | 2.000 à 2.500 | » |

Dans le chauffage par la vapeur, la quantité de chaleur transmise dépend surtout de la capacité qu'a le fluide échauffé par circulation naturelle ou artificielle d'absorber cette chaleur. Pratiquement, on peut considérer la chaleur fournie par la vapeur à la paroi comme illimitée, pourvu que l'eau de condensation soit évacuée à mesure de sa formation.

Le poids de vapeur condensée donne la mesure de la quantité de chaleur utilisée. Ce poids varie suivant que les parois chauffées sont horizontales ou verticales. On compte par heure, par m² et par degré C. de différence de température, sur une condensation de 1 à 3 kg. de vapeur, soit en moyenne 2 kg. avant l'ébullition, et 8 kg. pendant l'ébullition.

Chaleur transmise par la vapeur, par heure, par m².

- Par serpentin, à eau non bouillante 1.000 calories.
 Par serpentin, à eau en ébullition 5.000 calories.

Par double fond, environ 1/2 à 2/3 de la transmission par serpentin. Il est important de les purger d'air qui diminue leur surface de contact avec la vapeur.

Chaleur transmise extérieurement par contact de l'air ambiant (d'après Péclet).

$$m = k [1 + 0,0075 (t - \theta)] (t - \theta), \text{ en calories.}$$

m = quantité de chaleur, transmise par heure et par m² de surface.

k = coefficient de transmission dépendant de l'agitation de l'air qui baigne la surface échauffée.

t = température en degrés C. de la surface échauffée.

θ = température de l'air ambiant.

Pour de l'air emprisonné $k = 4$, pour de l'air libre $k = 5$ et pour de l'air agité $k = 6$.

Coefficients de conductibilité α de la chaleur intérieure de différents corps, ou quantité de chaleur, en calories, traversant une paroi de 1 mètre d'épaisseur, par m², par heure et par 1 degré C de différence de température entre les surfaces de la paroi, d'après Péclet, Naumann, Forbes, Lorentz, Weber et autres.

TABLEAU V

| Substances | Coefficients α | Substances | Coefficients α |
|------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| Métaux. | | | |
| Aluminium | 123 à 130 | Laiton | 72 à 108 |
| Antimoine | 14 à 16 | Nickel | 26 à 32 |
| Plomb (25,8) | 26 à 30 | Platine | 33 |
| Bronze | 90 à 100 | Mercure | 6 à 7 |
| Fer (56) | 50 à 72 | Argent | 400 |
| Acier (22 à 40) | 22 à 50 | Bismuth | 6 |
| Or | 200 | Zinc (105) | 92 à 105 |
| Cuivre rouge (330) | 260 à 306 | Etain (54) | 51 à 55 |

Les chiffres entre () sont les moyennes α généralement adoptées.

| Substances | Coefficients α | Substances | Coefficients α |
|-----------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------|-----------------------|
| Autres corps. | | | |
| Maçonnerie en briques | 0,69 à 0,70 | Pierre de taille. | 1,3 |
| » en pierres | 1,3 à 2,1 | Ardoise | 0,29 |
| Coton comprimé | 0,01 à 0,04 | Cendres de bois | 0,06 |
| Carton bitumé | 0,12 | Charbon de bois en poudre | 0,08 |
| Chêne, direction des fibres | 0,21 | Pierre ponce. | 0,083 |
| Glace (Eau congelée) | 0,8 | Pierre ponce en grains | 0,066 |
| Fentre. | 0,03 à 0,05 | Pierre à chaux à texture fine | 1,7 à 2,1 |
| Duvet. | 0,04 | Poudre d'infusoires | 0,136 |
| Plâtre (stuc). | 0,33 à 0,63 | Coke compact | 5 |
| Planches de plâtre et roseaux | 0,4 à 0,515 | Coke en poudre. | 0,16 |
| Verre. | 0,75 à 0,88 | Liège. | 0,14 à 0,25 |
| Liège en poudre | 0,08 | Déchets de soie. | 0,045 |
| Craie en poudre | 0,09 | Houille | 0,11 |
| Matière isolante de Leroy | 0,091 | Sapin, direction des fibres | 0,17 |
| Air enfermé. | 0,02 à 0,04 | » normalement aux fibres. | 0,1 |
| Marbre (texture fixe) | 3,48 | Laine. | 0,04 |
| » (» grossière) | 2,78 | Terre cuite argileuse | 0,5 à 0,7 |
| » d'après Forbes. | 0,55 | Ciment | 0,6 |
| Papier. | 0,034 à 0,043 | | |
| Sable quartzeux. | 0,27 | | |
| Sciure de bois | 0,05 à 0,065 | | |
| Liquides, d'après Weber. | | | |
| Ether. | 0,15 | Eau salée (poids spécif. 1.178). | 0,14 |
| Alcool. | 0,18 | Huile d'olive. | 0,49 |
| Glycérine. | 0,24 | Eau | 0,51 |

Pour les liquides, ces coefficients ne sont applicables que lorsque dans leur échauffement ou leur refroidissement ces liquides ne circulent pas, qu'ils sont échauffés ou refroidis par leur surface supérieure.

Chaleur transmise intérieurement par contact avec l'air ambiant.

La rapidité de transmission de chaleur à travers un corps ou la quantité de chaleur, en calories qui, par heure, le traverse est proportionnelle à la différence de température des surfaces qui le limitent et inversement proportionnelle à l'épaisseur comprise entre ces surfaces :

$$m' = \frac{x}{E} (t' - t''), \text{ en calories.}$$

m' = quantité de chaleur transmise par heure et par m^2 de surface ;

x = coefficient de transmission intérieure ou quantité de chaleur traversant une paroi de 1 m. d'épaisseur (tableau V) par m^2 , par heure et par degré C. de différence de température ;

t' et t'' = températures des surfaces de parois ($t' > t''$) ;

E = Épaisseur de paroi, en mètres.

Calcul des températures des surfaces de paroi et coefficients de transmission.

En état de régime normal :

$$\frac{x}{E} (t' - t'') = y' (t_e - t') = y'' (t'' - t_s).$$

Quantité de chaleur traversant, chaleur entrant, chaleur sortant.

t_e = température du fluide (air) du côté de l'entrée de chaleur ;

t_s = » » » » de la sortie » ;

y' = coefficient de transmission totale extérieure du côté de l'entrée ;

y'' = » » » » du côté de la sortie ;

y' et y'' sont les quantités de chaleur, en calories, rendues ou absorbées par degré C. de différence de température et par m^2 ; elles sont égales pour surfaces de même nature et même état du fluide ambiant ; elles peuvent être déterminées par l'expérience ou par le calcul.

Pour des surfaces en pierre brute, dans de l'air ambiant, l'expérience a donné pour y'' , à différentes vitesses de l'air, les valeurs approximatives suivantes :

Coefficients de transmission totale extérieure pour maçonneries, rayonnement compris.

TABLEAU VI

| | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|---------|---------|
| Vitesse de l'air, à 0 m. 30 de distance du mur, en mètres par seconde | 0 m. | 1 m. | 4,5 m. | 5,5 m. |
| Coefficients de transmission totale extérieure. | 6 cal. | 12 cal. | 30 cal. | 40 cal. |

Chacun des membres de l'équation double précédente représente le passage de la quantité de chaleur due à la différence de température ($t_e - t_s$) ; en les multipliant par

$\left(\frac{1}{t_e - t_s} \right)$ on obtient le coefficient de transmission k .

EXEMPLE. — Maçonnerie en briques, sans crépissage, épaisseur 1 brique = 0,25 m. = E
 $\alpha = 0,69$ (tableau V).

Température extérieure $t_e = -15^\circ\text{C}$. ; température intérieure $t_s = 18^\circ\text{C}$.

a) Air calme intérieurement et extérieurement : $y' = 6$, $y'' = 6$; t' , t'' et k doivent être cherchés.

$$\frac{0,69}{0,25} (t' - t'') = 6(18 - t'') = 6[t'' - (-15)].$$

On trouve : $t' = 10^{\circ},1 \text{ C}$. ; $t'' = -7^{\circ},1 \text{ C}$.

$$\text{Coefficient de transmission } k = \frac{6(18 - 10,1)}{18 - (-15)} = 1,43$$

b) Air calme, intérieurement $y' = 6$; vitesse de l'air à l'extérieur 5,5 m. : $y'' = 40$ (tableau VI).

$$\frac{0,69}{0,25} (t' - t'') = 6(18 - t'') = 40[t'' - (-15)]$$

On trouve : $t' = 7^{\circ},97 \text{ C}$. ; $t'' = -13^{\circ},51 \text{ C}$

$$\text{Coefficient de transmission } k = \frac{6(18 - 7,97)}{18 - (-15)} = 1,82$$

Pour le calcul des coefficients de transmission k' , k'' , on peut se passer de la détermination des températures t' , t'' des surfaces de la paroi traversée par la chaleur.

$$\text{En général : } \frac{1}{k} = \frac{1}{y_1} + \frac{1}{y_2} + \frac{1}{y_3} + \dots + \frac{1}{y_n} + \frac{E_1}{x_1} + \frac{E_2}{x_2} + \frac{E_3}{x_3} + \dots + \frac{E_n}{x_n}$$

k = Coefficient de transmission ;

y_1, y_2, y_3, \dots = Coefficients de conductibilité totale ou coefficients d'entrée et de sortie ;

E_1, E_2, E_3, \dots = Epaisseur de parois des diverses couches traversées ;

x_1, x_2, x_3, \dots = Coefficients de transmission intérieure des diverses couches ;

Dans l'exemple ci-dessus :

$$a) \quad \frac{1}{k} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{0,25}{0,69} = 0,695$$

$$k = \frac{1}{0,695} = 1,43$$

$$b) \quad \frac{1}{k} = \frac{1}{6} + \frac{1}{40} + \frac{0,25}{0,69} = 0,55$$

$$k = \frac{1}{0,55} = 1,82$$

Coefficients de transmission de chaleur employés en pratique. — Transmission de chaleur par m², par degré C. de différence de température entre l'air extérieur et l'air intérieur, par heure.

Maçonnerie en briques.

TABLEAU VII

| Épaisseur des murs en mètre | 0 m.12 | 0,25 | 0,38 | 0,51 | 0,64 | 0,77 | 0,90 | 1,03 |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Murs extérieurs. $k =$ | 2e4 | 1,7 | 1,3 | 1,03 | 0,87 | 0,75 | 0,65 |
| Murs avec couche d'air intérieure de 3 à 6 cm. (1) $k =$ | — | 1,4 | 1,1 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,55 |
| Murs avec revêtement en pierre de taille de 12 cm. (2) $k =$ | — | 1,9 | 1,5 | 1,2 | 1 | 0,85 | 0,74 | 0,65 |
| Murs intérieurs $k =$ | 2e2 | 1,6 | 1,25 | 1 | 0,85 | 0,7 | 0,6 | 0,5 |

Murs intérieurs.

TABLEAU VIII

| | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----|-----|------|------|
| Pari en treillis de fil de fer et plâtre. | Épaisseur en cm. = | 4 | 6 | 8 | 10 |
| | k , en calories = | 3,1 | 2,8 | 2,5 | 2,3 |
| Pari en planches. | Épaisseur en cm. = | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| | k , en calories = | 2,7 | 2,4 | 2,1 | 1,9 |
| Pari de 2 planches en épaisseur, revêtues de plâtre à l'intérieur et à l'extérieur (3) | Épaisseur en cm. = | " | " | " | 7 |
| | k , en calories = | " | " | " | 1,2 |
| id. (4) les planches écartées de 10 cm. | Épaisseur en cm. = | " | " | " | 7 |
| | k , en calories = | " | " | " | 0,92 |
| Pari en planches plâtre et roseaux. | Épaisseur en cm. = | 3 | 5 | 7 | 10 |
| | k , en calories = | 3,2 | 2,9 | 2,64 | 2,33 |

Murs extérieurs en moellons.

TABLEAU IX

| | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------|-----|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| Épaisseur en mètre . . . | 0e3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 m. | 1,1 | 1,2 |
| En grès ($\alpha = 1,35$) . . . $k =$ | 2e2 | 1,92 | 1,7 | 1,53 | 1,39 | 1,27 | 1,18 | 1,09 | 1,02 | 0,95 |
| En calcaire ($\alpha = 2$) . . . $k =$ | | 2,6 | 2,3 | 2,06 | 1,87 | 1,7 | 1,58 | 1,45 | 1,36 | 1,28 |

(1) Couche d'air non comprise dans l'épaisseur du mur.

(2) Pierre de taille comprise dans l'épaisseur du mur.

(3) Épaisseurs de plâtre comprises dans l'épaisseur : 2 couches de 1 cm.

(4) id. , écartement des planches non comprises dans l'épaisseur.

Murs extérieurs en briques recouverts de plâtre des 2 côtés, en tenant compte du plus grand rayonnement.

TABLEAU X

| | | | | | | |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|
| Épaisseur en mètre | 0 ^m 30 | 0,45 | 0,60 | 0,75 | 0,90 | 1,05 |
| Coefficients de transmission $k =$ | 1 ^m 50 à 1 ^m 60 | 1,10 à 1,20 | 0,83 à 0,95 | 0,78 à 0,80 | 0,6 à 0,7 | 0,54 à 0,64 |
| Coefficients de transmission en moyenne $k =$ | 1 ^m 55 | 1,15 | 0,90 | 0,8 | 0,65 | 0,59 |

Murs de grès à l'extérieur et de briques à l'intérieur.

e, e' , épaisseurs en mètre.

TABLEAU XI

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Grès, extérieur . . . $e =$ | 0 ^m 10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,25 | 0,25 |
| Briques, intérieur . . . $e' =$ | 0 ^m 12 | 0,25 | 0,38 | 0,51 | 0,64 | 0,77 | 0,90 | 1,03 | 0,42 | 0,25 |
| Coefficients . . . $k =$ | 2 cal. | 1,5 | 1,2 | 1 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,55 | 1,7 | 1,3 |
| Grès, extérieur . . . $e =$ | 0 ^m 25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Briques, intérieur . . . $e' =$ | 0 ^m 38 | 0,51 | 0,64 | 0,77 | 0,90 | 0,42 | 0,25 | 0,51 | 0,38 | 0,64 |
| Coefficients . . . $k =$ | 1 cal. | 0,9 | 0,75 | 0,65 | 0,6 | 1,3 | 1 | 0,9 | 0,75 | 0,65 |

Vitrages, planchers et plafonds.

TABLEAU XII

| | | | |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------|
| Fenêtres à simple vitrage | } Les épaisseurs de verre, dans les limites ordinaires, n'ont aucune influence sensible. | $k =$ | 3 ^e ,8 |
| » double » | | $k =$ | 2,15 |
| Plafonds vitrés, simple couverture de verre. | } | $k =$ | 5,4 |
| » double » | | $k =$ | 3 |
| Plafonds en planches jointives, poutrage apparent. | | $k =$ | 0,8 |
| » ordinaires sous solives cachées. | | $k =$ | 0,5 |
| » en planches de 25 mm. sous couverture en carton bitumé | | $k =$ | 2,2 |
| » » » en ardoises | | $k =$ | 2,2 |
| » sous toiture en tôle ondulée | | $k =$ | 10,4 |
| Plancher en dalles, sur cave | | $k =$ | 1 |
| » sur terreplein. | | $k =$ | 1,4 |



2. — Installations de chauffage d'habitations.

Conditions à remplir. — Echauffement suffisant à température extérieure la plus basse. Répartition uniforme de la température. Production à la surface intérieure des murs d'une température (12 à 15° C.) suffisante pour éviter aux occupants de trop grandes pertes de chaleur par rayonnement. Maintien de la pureté de l'air. Réglage facile de l'échauffement.

Températures à maintenir dans les locaux.

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Locaux où l'on séjourne assis : logements, bureaux, écoles, salles de réunions, etc. | 18 à 20° C. |
| Locaux où le corps est mis en mouvement : ateliers, salles de gymnastique, etc. selon le mouvement | 12 à 15° C. |
| Locaux à usage passager, ou pour séjourner étant vêtu comme au dehors : cages d'escaliers, corridors, cabinets, antichambres, églises, etc. | 10 à 15° C. |
| Salles de malades, cabinets de bains | 20 à 22° C. |
| Chambres à coucher, dortoirs. | 12 à 15° C. |
| Chambres d'enfants, infirmeries | 17 à 20° C. |

Ces températures sont à mesurer à hauteur de tête = températures moyennes.

D'après Rietschel les températures t' à d'autres hauteurs peuvent être calculées par :

$$t' = t + ct(h - 3) ; t' \text{ au maximum} = 1,5 t.$$

t = température à hauteur de tête.

t' = » à une distance verticale h (en mètres) au dessus du plancher.

$c = 0,1$ en pleine marche du chauffage. sans éclairage artificiel.

= 0,03 à température du dehors supérieure à + 10° C., sans éclairage artificiel.

Calcul des pertes de chaleur.

On calcule les pertes de chaleur par transmission en admettant pour température extérieure la plus basse — 20° C. (Europe centrale) et — 25° lorsque l'exposition est au Nord, ou à grande altitude et employant les coefficients de transmission k donnés précédemment.

Pour les parties non chauffées d'un bâtiment, on admet (à — 20° de température au dehors) les températures suivantes :

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Pour caves, pièces constamment fermées | 0° C. |
| Locaux communiquant fréquemment avec l'extérieur : halls, passages, etc. | — 5° C. |
| Locaux directement situés sous toiture métallique ou en ardoises | — 10° C. |
| Locaux directement situés sous toiture couverte en tuiles, en ciment ou en carton bitumé. | — 5° C. |
| Sous-sols = température moyenne de l'année. | +7 à 8° C. |

Parfois on tient compte, pour l'évaluation de la température des pièces, de la chaleur gagnée par des pièces adjacentes chauffées ou perdue par les alentours.

Surfaces de refroidissement à introduire dans le calcul.

Dimensions en longueur et largeur des murs, d'axe en axe, limitant un local ; dimension en hauteur, épaisseur du plafond comprise.

Pour fenêtres : surface totale, encadrement en bois compris.

Fenêtres et portes sont à déduire de la surface des murs.

Augmentations. — Pour les expositions Nord, Nord-Est, Nord-Ouest, on ajoute aux pertes de chaleur calculées.

| | | |
|---------------------------------------------------|----------------|---------------|
| pour murs exposés aux vents | 25 p. 0/0 | |
| pour locaux de plus de 4 m. de hauteur. | 20 à 30 p. 0/0 | |
| pour chauffage journallement interrompu | 10 p. 0/0 | } de la somme |
| pour pièces d'angle et rez-de-chaussée | 20 p. 0/0 | |
| | 10 p. 0/0 | } totale |

Calcul approximatif. — Pour une grossière approximation des pertes de chaleur d'une habitation entière, on les calcule par heure, par m³, à température intérieure + 20° C. et — 20° C. extérieurement, en adoptant les chiffres de :

| |
|------------------------------------------------------------------------|
| 50 à 30 calories pour construction de 2.000 m ³ de volume ; |
| 30 à 15 » » » » 2.000 à 20.000 m ³ ; |
| 15 à 20 » » » salles. |

On compte 20 0/0 de moins pour les parties d'habitation qui n'ont à être chauffées qu'à + 12° ; pour fenêtres, on ajoute environ 30 p. 0/0.

La quantité de chaleur nécessaire pour la ventilation et l'humidification de l'air est toujours évaluée à part.

Division des installations de chauffage. — Chauffage local. — Chauffage central.

Chauffage local. — Cheminées, poêles, corps de chauffe à l'intérieur de la pièce chauffée.

Cheminées d'appartement. — Les cheminées d'appartement ont généralement les dimensions suivantes : 1 m. à 1,50 largeur, 0,95 à 1,30 m. hauteur du dessus de la tablette, 0,27 à 0,43 m. largeur de la tablette, 0,45 à 0,80 m. profondeur ; distance du tablier au contrecœur env. 0,15 m.

Les dimensions du cadre du rideau métallique mobile varient de 0,50 à 0,60 m.

Les cheminées chauffent par rayonnement et de ce fait n'ont pas un rendement supérieur à 6 p. 0/0 avec le bois et 9 à 10 p. 0/0 avec la houille ou le coke qui rayonnent plus ; on augmente sensiblement ce rendement en établissant à la partie postérieure du foyer un appareil tubulaire avec coffrage, en partie ou entièrement en fonte, dans lequel on établit une circulation d'air pris dans la pièce ou au dehors. Après son échauffement, cet air sort par le haut du coffrage pour se répandre dans l'appartement.

Conduits de fumée. — Chaque cheminée d'appartement doit être pourvue d'un tuyau de fumée spécial et distinct montant au-dessus des toits. Les dimensions du tuyau de fumée varient avec l'importance de la cheminée et le cube des locaux. Voici les proportions les plus usuelles :

| Cube des locaux | Section du tuyau de fumée | Côté du carré correspondant à la section |
|----------------------------------|---------------------------|------------------------------------------|
| 45 à 60 m ³ | 3 dm ² 4 | 0 m. 185 |
| 60 à 80 | 4 » | 0, 200 |
| 80 à 100. | 5, 6 » | 0, 250 |
| 100 à 150. | 7, 3 » | 0, 270 |
| 150 à 200. | 9 » | 0, 300 |

Les tuyaux se font en terre cuite ou en tôle ; ils sont généralement logés dans l'épaisseur des murs eux-mêmes et sont alors constitués par des *wagons* ou par des briques cintrées de forme spéciale. Pour tuyaux simplement adossés aux murs, on fait usage de poteries nommées *boisseaux*.

Les dimensions de la section de tous ces conduits varient entre 16 et 30 cm. ; ils sont de forme rectangulaire ou circulaire ; mais le tirage s'établit mieux avec cette dernière forme.

Les conduits en briques, lorsqu'ils sont isolés et que leur hauteur dépasse 4,50 m. ont 0,22 m. d'épaisseur sur deux de leurs parois et 0,11 m. sur les deux autres.

Les règlements imposent de ne pas laisser moins de 16 cm. d'intervalle entre la face intérieure d'un tuyau de cheminée et une pièce de bois quelconque de la construction.

Avantages. — Les cheminées chauffent surtout par rayonnement au moyen des radiations calorifiques émises directement par la flamme, le combustible et les parois chauffées du foyer ; elles ventilent avec énergie, elles ne modifient que peu l'état hygrométrique de l'air, ne le chauffent presque pas. Enfin, la vue du feu, il faut en convenir, est très agréable par une froide soirée d'hiver ; l'hygiène a droit de tenir compte de cette circonstance.

Désavantages — Outre leur rendement minime, on reproche aux cheminées l'impossibilité d'assurer leur fonctionnement pendant la nuit. De ce qu'elles ne chauffent que par rayonnement résulte l'inconvénient trop connu de tenir les pieds chauds et le dos gelé. La ventilation continue pendant la nuit, longtemps après que le feu est éteint, de telle sorte qu'elle devient un appareil de refroidissement ; elle expose aux accidents qui résultent de l'inflammation des vêtements de femmes ou d'enfants qui, étant très légers et flottants, sont attirés énergiquement vers le foyer par le courant d'air dû au tirage.

Chauffage local. Poêles. — Dans l'Europe centrale et septentrionale, dans l'Amérique du Nord, le plus souvent on emploie des poêles pour le chauffage des habitations. Ils permettent un chauffage plus complet des appartements que les cheminées, un meilleur rendement du combustible ; suivant leur construction, la transmission de chaleur atteint 50 et jusqu'à 85 p. 0/0 de la chaleur produite. Maladroitemment desservis, la chaleur utilisée peut descendre à 30 et même jusqu'à 20 p. 0/0 de la chaleur que le combustible peut dégager.

Les poêles sont construits en fonte, en tôle ou en faïence.

Les poêles métalliques ne pouvant accumuler que peu de chaleur chauffent rapidement, mais se refroidissent aussi promptement ; ils permettent facilement de régler leur développement de chaleur selon les besoins et sont peu coûteux. Les poêles en faïence ne chauffent pas aussi rapidement que les poêles métalliques ; mais par contre, ils ne refroidissent qu'assez lentement. Si l'on veut économiser le combustible dans un poêle de faïence, il faut lui donner une grande masse, il possède alors une grande puissance d'accumulation de chaleur, mais devient difficile à régler suivant les besoins.

Pour donner des résultats satisfaisants, un poêle doit posséder les qualités suivantes :

- 1° Il doit permettre une entière et parfaite combustion ;
- 2° L'introduction de l'air comburant dans le foyer doit être réglable ;
- 3° Le poêle doit pouvoir absorber toute la chaleur produite par le combustible pour que les gaz brûlés n'entrent dans la cheminée qu'avec une température réduite à 100° C. au plus ;

4° Dans l'allumage, la fumée produite ne doit pas descendre, elle doit être de suite portée vers la cheminée par le tirage ;

5° Le poêle doit être de nettoyage facile, sans que l'appartement soit sali par la suie ou les cendres ; s'il est chauffé à la houille, la grille doit pouvoir être débarrassée des cendres et scories même pendant le chauffage ;

6° Le poêle ne doit pas incommoder par son rayonnement de chaleur. Il devrait être accompagné d'une ventilation.

La surface de chauffe S d'un poêle doit être calculée d'après la quantité de chaleur C à fournir par heure, en admettant d'après l'expérience que le m² d'un poêle en fonte ou en tôle peut transmettre 2.500 à 4.000 cal. par heure, que la surface d'un poêle en faïence transmet 1.000 à 1.500 cal. par m² et par heure. Vu la circonstance que le

poêle n'est généralement en marche que pendant le jour et que l'on demande après l'allumage un chauffage rapide, la surface de chauffe S devrait être prise :

$$S = \frac{2 C}{2.500}, \text{ pour poêle en tôle ou en fonte lisse.}$$

$$S = \frac{2 C}{4.000}, \text{ pour poêle en fonte garnie d'ailettes, la surface de ces ailettes négligée.}$$

$$S = \frac{2 C}{1.000 \text{ à } 1.500}, \text{ pour poêle en faïence.}$$

Dans la construction des poêles modernes, on observe les principes suivants :

1° Afin que le poêle cède une chaleur uniforme et aussi durable que possible, on le charge de combustible choisi : houille maigre, anthracite ou coke de gaz en fragments de grosseur uniforme, pour une durée d'environ 12 heures et de telle sorte que le combustible ne soit enflammé et brûlé que peu à peu, d'après l'arrivée d'air comburant qui est réglable et à mesure de cette arrivée.

2° Le tisonnage du combustible est limité au minimum et s'obtient mécaniquement par l'agitation de la grille.

3° Le combustible contenu dans une trémie repose sur celui qui contient le creuset, maintient celui-ci plein en l'alimentant à mesure de la combustion. Le chargement s'opère par le haut.

Dans les poêles américains, les gaz brûlés peuvent être envoyés directement dans la cheminée à l'allumage ou lorsque l'on veut activer rapidement le feu après avoir secoué les cendres, tandis qu'en bonne marche, on fait prendre à ces gaz brûlés un chemin très long, dans le socle du poêle, en abattant un clapet qui ferme alors le chemin direct. Le cendrier peut aussi être mis en communication avec le chemin que prennent les gaz brûlés à l'aide d'un petit registre, il permet à l'air du cendrier, sous la grille, de passer directement dans la cheminée, sans traverser le combustible, et de modérer rapidement l'allure du poêle. Enfin, on attache, dans ces poêles, une importance particulière à ce que le feu soit visible et pour cela on ménage autour du foyer des portes formant fenêtres fermées par des plaques de mica qui laissent passer la chaleur rayonnante de l'anthracite en ignition. Ces poêles demeurent allumés durant tout un hiver.

En France, de petits poêles d'appartements de formes très diverses, ayant eu pour point de départ le poêle Choubersky, se sont répandus rapidement ; comme les poêles américains ces petits appareils ont un réservoir de combustible, une grille mobile permettant de secouer les cendres du combustible et une marche continue. Ces appareils généralement en tôle sont très légers et souvent portés sur des roulettes pour leur donner une grande mobilité permettant de les transporter alternativement d'une pièce à une autre pour les chauffer, de les installer en engageant leur courte buse dans le rideau de la cheminée ; malheureusement leur installation faite dans des conditions défectueuses peut occasionner les plus graves accidents.

Chauffage central. — Chauffage par groupes, chauffage à distance, toujours avec production de chaleur en dehors de la pièce à chauffer.

Suivant le moyen employé pour conduire et transmettre la chaleur, et le véhicule transportant la chaleur, on divise encore le chauffage central en : chauffage par l'air chaud, ou par l'eau chaude ou par la vapeur.

Suivant la pression de marche ces derniers se subdivisent en : Chauffage à eau chaude à basse, à moyenne et à haute pression ; chauffage à vapeur à basse et à haute pression comprenant le chauffage par vapeur neuve et le chauffage par vapeur d'échappement.

Suivant le mode de transmission de la chaleur, on trouve encore la division : Chauffage par l'air chaud, à ventilation, ou à circulation, chauffage par le sol ou par les murs. Ensuite, systèmes combinés :

Chauffage par vapeur et eau (la vapeur chauffant l'eau);
 Chauffage par vapeur et air chaud (la vapeur chauffant l'air);
 Chauffage par eau chaude et air chaud (l'eau chaude chauffant l'air);
 Chauffage par canaux, système intermédiaire entre le chauffage local et le chauffage central;

Dans le chauffage par le gaz et le chauffage par l'électricité, il n'y a plus transport de chaleur, mais transport de l'élément qui la contient.

Refroidissement des pièces fermées.

Le calcul exact de la température intérieure, qui s'abaisse à la suite d'une interruption de chauffage, et après un certain intervalle de temps est compliqué.

D'après G. Recknagel, pour une épaisseur de brique de 25 cm. et une température extérieure — 20° C., la température intérieure s'abaisse de 20° C. à 7°,8 C. en 1 heure, à 5°,6 C. en 2 heures et à — 2°,1 C. après 10 heures; tandis que la température à la surface de la paroi intérieure, après les mêmes intervalles de temps, descend respectivement de 10°,35 C. à 7°,1 C., à 5°,2 C. et à — 2°,2 C.

La température de la paroi extérieure s'abaisse lentement au commencement: après un intervalle de 2 heures, depuis l'interruption de chauffage, elle passe de — 40°,35 à — 40°,53 C. et après 10 heures, à — 12°,2 C.

La chaleur perdue, dans cette interruption de chauffage pendant 10 heures est de 7,5 p. 0/0 plus faible que la perte de chaleur à chauffage continu.

Chauffage par vapeur à basse pression.

Pression normale ne dépassant pas 0,3 atm.; la plupart du temps 0,03 à 0,15 atm. d'excès de pression sur la pression atmosphérique. Chaudière échappant aux prescriptions relatives à l'installation de générateurs à vapeur et considérée comme chaudière ouverte (1). Pertes de vapeur évitées avec fermeture par l'eau, ne pouvant pas s'élever au-dessus de 3 mètres de pression hydrostatique. Installation à marche continue, alimentation automatique de la chaudière par le retour de l'eau de condensation, foyer à feu continu par réservoir de combustible.

(1) Circulaire ministérielle du 8 juillet 1903 relative à l'emploi de générateurs servant au chauffage par la vapeur à très basse pression.

Le Ministre des Travaux publics à Monsieur le Préfet du Département de...

Aux termes de l'article premier du décret du 30 avril 1880, tous les générateurs à vapeur, autres que ceux placés à bord des bateaux, sont soumis aux prescriptions de ce décret. Il en résulte que certains appareils, tels que les chaudières servant au chauffage par la vapeur, dans lesquelles la pression atteint un taux à peine appréciable, sont en droit assujettis à ces prescriptions.

Il a paru à la commission centrale des machines à vapeur, qu'une dérogation à cette règle, en ce qui concerne les dites chaudières, ne présenterait aucun inconvénient pour la sécurité, à la condition qu'elles fussent munies de dispositifs permettant de les considérer comme des « vases ouverts », en libre communication avec l'atmosphère.

J'ai décidé, en conséquence, d'accord avec cette commission, que dorénavant, il y aura lieu de considérer tout générateur servant à un chauffage par la vapeur à très basse pression, comme un vase ouvert échappant à l'application du décret du 30 avril 1880, pourvu que ce générateur soit mis, d'une manière assurée, en communication permanente avec l'atmosphère, par un tuyau d'équilibre à colonne d'eau n'ayant pas plus de 3 m. de hauteur.

Veuillez, je vous prie, m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse directement ampliation aux Ingénieurs et Contrôleurs des mines.

Par autorisation,
 Le Conseiller d'Etat, Directeur des Routes,
 de la Navigation et des Mines
 M. JOSON.

Diamètre intérieur du tuyau de sûreté prescrit.

TABLEAU XIV

| Surface de chauffe en contact avec l'eau | Diamètre du tuyau de sûreté |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Empire allemand | Normal 80 mm. |
| Suisse. | » 75 mm. |
| Autriche. | » 100 mm. |
| Bavière, par m ² de surface de chaudière | 450 mm ² . |
| » minimum. | 770 mm ² . |
| Prusse, Wurtemberg, Bade : | |
| Jusqu'à 1 mq. | Au moins 25 mm. |
| » 2 mq. | » 30 mm. |
| » 3 mq. | » 35 mm. |
| » 4 mq. | » 40 mm. |
| » 5 mq. | » 45 mm. |
| » 6 mq. | » 50 mm. |
| » 7,5 mq. | » 55 mm. |
| » 8,5 mq. | » 60 mm. |
| » 10 mq. | » 65 mm. |
| » 11,5 mq. | » 70 mm. |
| » 13. mq. | » 75 mm. |
| Plus de 13 mq. | » 80 mm. |

Chaudières. — Métal : fonte, plus généralement tôle, forme cylindrique. Même construction que pour les moteurs à vapeur. Exécution : usuelles jusqu'à 35 m².

Pour moyennes et grandes installations : Chaudières tubulaires ou à tubes d'eau, à cause du moindre danger qu'elles présentent, de leur grande surface sous un faible volume et de leur échauffement rapide. Dans les petites installations : chaudières avec réservoir de combustible au-dessus du foyer contenant du combustible pour 6 à 8 heures de marche. Disposition horizontale pour faible hauteur disponible : 2 m. à 2,50 m. Disposition verticale pour emplacement disponible restreint : 1 à 2 m².

Accessoires. — Trou d'homme. Orifice inférieur pour extraire la boue, les dépôts. Robinet de vidange. Indicateur de niveau d'eau. Manomètre. Régulateurs de combustion et de pression. Appareils signalant le manque d'eau et l'excès de pression, etc.

Chaudière disposée en cave, aussi centralement que possible. Niveau d'eau normal : 2 à 3 mètres en dessous du corps de chauffe le plus bas. Pour sûreté de la marche, répartition de la surface de chauffe nécessaire sur 2 à 3 chaudières pour marche en groupe ou séparée (Chaudière de réserve). Remplissage de l'eau et alimentation au moyen d'une pompe à main, ou d'un réservoir supérieur ou par raccordement direct ($1''/2 = 12,5$ mm.) à la conduite d'eau de la ville.

Surface de chauffe. — Chaudière tubulaire 7.000 à 10.000 cal. par heure et par m².

Chaudière sans tubes bouilleurs 10.000 à 12.000 cal. par heure et par m².

Corps de chauffe. — A faible volume de vapeur pour la bonne purge d'air.

Surface de chauffe lisse, en fer : tuyaux en serpents.

» » en fonte : tuyaux à ailettes, à section rectangulaire, simples, doubles, corps de chauffe en forme de colonne, en forme de plaques, Radiateurs. Corps de chauffe à ailettes verticales, inclinées, plaques nervées, tuyaux à ailettes circulaires, verticales, et parallèles à l'axe, etc.

Corps de chauffe décorés. — Radiateurs, éléments à ailettes ornés, sans enveloppe, préférables au point de vue de la propreté et de l'effet calorifique, combinaison facile avec des niches pour fourneaux ou des coffres de chauffe.

Rendement de chaleur par m² de surface chauffante, suivant construction, hauteur, longueur des ailettes, purge d'air, etc., très différent ; à déterminer pour chaque espèce de corps de chauffe en pesant ou mesurant l'eau de condensation pour fonctionnement à différents systèmes de marche.

**Rendement de chaleur dans chauffage par vapeur à basse pression,
d'après Rietschel.**

TABLEAU XV

| Designation de la surface de chauffe ou appareil de chauffage | Calories par m ² , par heure et par 1°C. de différence de température entre la vapeur et l'air dans la pièce à chauffer. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tuyau simple horizontal de 33 à 100 mm. de diamètre extérieur | 13 à 11,5 |
| Tuyau simple vertical de 32 à 100 mm. de diamètre extérieur | 13,5 à 12 |
| Serpentin en fer creux jusqu'à 1 m. de hauteur, de plus de 33 mm. de diamètre extérieur | 12,5 à 11 |
| id. de plus de 1 m. de hauteur. | 11 à 9,5 |
| Tuyaux à section rectangulaire disposés horizontalement ou verticalement, de 1 à 4 tuyaux. | 11,5 à 8 |
| Corps de chauffe en forme de plaque, sans ailettes, de 1 m. et plus de 1 m. de hauteur. | 12 à 11 |
| Radiateurs, écartement minimum des éléments, 20 mm. | |
| Un élément seul | 11,5 |
| 2 à plus de 6 éléments | 9,5 à 8 |
| Caisse, à nervures ou ailettes verticales de 20 à 60 mm. long. et au moins 45 mm. d'écartement | 8 à 6,5 |
| Corps de chauffe à ailettes inclinées. Les éléments horizontaux rangés parallèlement. Ecartement des ailettes 14 mm. au moins. | 6 |
| Tuyaux à ailettes circulaires. Ecartem. des ailettes 17 mm. au moins. | |
| Un tuyau seul | 6 |
| 3 à 6 tuyaux superposés, les ailettes se pénétrant en partie. | 4,5 à 4 |
| id. Un tuyau, écartement des ailettes 35 mm. au moins | 6,5 |
| Tuyaux à section ovale, ailettes ovales. Ecart. des ailettes 14 mm. | |
| Un tuyau seul | 7 |
| 3 à 6 tuyaux superposés | 5,5 à 4,5 |
| Éléments à ailettes à section circulaire ou ovale, superposés. Ailettes circulaires ou rectangulaires. Entrée de vapeur dans l'axe de chaque élément. Ecartem. des ailettes 14 mm. au moins. | |
| Un tuyau seul | 6 |
| 3 à 6 tuyaux superposés, les ailettes ne se pénétrant pas | 4,5 à 4 |

Rendement de chaleur dans le chauffage par vapeur à basse pression,
d'après Fanderlick.

TABLEAU XVI

| Désignation de la surface de chauffe ou appareil de chauffage | Calories par m ² . par heure et par 1°C de différence de tempéra- ture entre la vapeur et l'air de la pièce chauffée | Quantité totale de chaleur cédée par heure et par m ² . calories |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tuyaux en fonte, à section méplate et à ailettes, debout sans enveloppe (surface nue) | 6 à 7,5 | 550 à 580 |
| avec enveloppe (interceptant le rayonnement). | 5 à 7 | 450 à 500 |
| Tuyaux à ailettes, couchés. sans enveloppe (surface nue) | 6,5 à 8,5 | 600 à 650 |
| avec enveloppe (interceptant le rayonnement). | 5,5 à 7 | 560 à 700 |
| Tuyaux en fer creux couchés diamètre 20 à 60 mm. | 13 à 10 | 1.060 à 800 |
| » 80 à 200 mm. | 9 à 7,2 | 700 à 570 |
| Poêles à vapeur cylindriques en tôle sans enveloppe (surface nue) | 7,2 à 10,5 | 570 à 800 |
| avec enveloppe (interceptant le rayonnement). | 7 à 10 | 550 à 750 |
| Tuyaux traversés par l'air entouré extérieurement par la vapeur, en fonte diamètre de moins de 100 mm. | 4,5 | 360 à 440 |
| » jusqu'à 200 mm. | 6 | 490 à 600 |
| » au-dessus de 200 mm. | 7,5 | 600 à 750 |
| Tuyaux en fer creux debout | 7,5 | 725 |
| Radiateurs en fonte nue à 1 élément. | 8,75 | 700 |
| à 2 » | 8 | 650 |
| à 3 » | 7,5 | 600 |
| Tuyau en serpentín, en fer | 11 à 15 | 900 à 1.000 |

Réglage du rendement de chaleur. — Remplissage partiel du corps de chauffe par la vapeur. Réglage par robinet. Air ou eau restés dans le corps de chauffe par réservoirs d'air fermés raccordés à la conduite de retour de l'eau condensée. Réglage par l'eau des siphons, par mélange artificiel de vapeur et d'air, par réduction de la circulation d'air autour des surfaces de chauffe et des enveloppes imperméables à la chaleur. Réglage central par variation de pression de la vapeur, pour de petites installations.

Tuyauterie : en fer creux, rarement en cuivre. Généralement conduites séparées pour vapeur et eau de condensation. Distribution de vapeur par le haut ou depuis la cave. Entrée de vapeur dans les corps de chauffe, par le haut ; pour les radiateurs, aussi par le bas. Purge d'air par robinets spéciaux (évacuation locale) ; mieux évacuation centrale par la conduite de retour de l'eau de condensation.

Pour le système à une seule conduite d'amenée de vapeur et de retour d'eau condensée à la chaudière, distribution et entrée de vapeur seulement par le bas des corps de chauffe. Evacuation locale de l'air de purge. Pour le réglage, application des enveloppes imperméables à la chaleur et de la réduction de la circulation d'air autour des surfaces de chauffe ; rarement réglage fait par robinets.

Le calcul du diamètre des conduites de vapeur doit se faire en tenant compte des pertes de pression par les résistances que présentent les conduites à l'écoulement de la vapeur et de la perte de chaleur éprouvée par les parois des conduites.

Formule approximative, d'après Fischer :

Perte de pression :

$$p_1 - p_2 = \frac{1,9l + 0,8d\epsilon(\xi)}{\gamma d^5} \left(Q + \frac{q}{2} \right)^2, \text{ en kg. par m}^2.$$

Quantité de chaleur :

$$Q = \sqrt{\frac{(p_1 - p_2) \gamma d^5}{1,9 l + 0,8 d \epsilon(\xi)}} - \frac{q}{2}, \text{ en kg. par heure.}$$

 p_1 = pression initiale de la vapeur, en kg. par m².

 p_2 = » finale » » »

 l = longueur de la conduite, en mètres.

 d = diamètre intérieur de la conduite, cm.

 ξ = coefficients de résistance de frottement (voir Ventilation).

 γ = densité moyenne de 1 m³ de vapeur $\left(\frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} \right)$, en kg. (Voir Physique industrielle de l'Aide-Mémoire pratique).

 Q = quantité de vapeur disponible à la fin de la conduite, en kg. par heure.

 q = quantité de vapeur condensée dans la conduite de l mètres de longueur, en kg. par heure.

 ϵ = somme des coefficients de résistances ξ .

Si l'on veut obtenir les résultats en calories plutôt qu'en kilogrammes de vapeur, on devra multiplier le résultat final Q par la quantité de chaleur latente ω (Voir Physique industrielle de l'Aide-Mémoire pratique).

 Valeur moyenne $\omega = 540$ calories.

Conduites de retour de l'eau de condensation, généralement en rapport avec la conduite de vapeur et de diamètres d' dans la proportion $d' = 0,4$ à $0,7 d$ (voir tableau XVII ci-dessous).

Dimensions usuelles pour conduites de retour d'eau de condensation.

TABLEAU XVII

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------|--------|--------|-------|-----|-----|-----|-------------|----|----|----|
| Diamètres d de la conduite de vapeur, en mm. | 10 | 13 | 19 | 25 | 32 | 38 | 45 | 51 | 63 | 69 |
| Diamètre d' de la conduite de retour, en mm. | 13 (1) | 13 (1) | 13(1) | 19 | 19 | 25 | 25 | 32 | 32 | 38 |
| Diamètres d de la conduite de vapeur, en mm. | 75 | 80 | 90 | 100 | 125 | 150 | 175 et plus | | | |
| Diamètres d' de la conduite de retour, en mm. | 38 | 45 | 45 | 51 | 51 | 63 | 63 | | | |

(1) Pour de longues conduites de retour horizontales, à pente faible, il faut — dans les faibles diamètres — augmenter le diamètre, pour prévenir leur bouchage par des dépôts de boues et de sable,

Chauffage par vapeur à basse pression. Quantités de chaleur en calories, fournies par des conduites protégées contre le refroidissement par matière calorifique, à perte de pression donnée. Tuyaux raccordés par manchons.

TABLEAU XVIII

| Perte de pression par mèt. courant en kg. par m ³ . | Quantités de chaleur, en calories, apportées par heure, par des conduites de diam. de : | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/4" | 1 1/2" | 2" | 2 1/2" | 3" |
| | 13 mm. | 19 mm. | 25 mm. | 32 mm. | 38 mm. | 50 mm. | 63 mm. | 75 mm. |
| 1 | 480 | 1.350 | 2.760 | 5.090 | 7.950 | 16.170 | 29.180 | 45.400 |
| 2 | 720 | 1.960 | 3.990 | 7.350 | 11.460 | 23.130 | 41.600 | 64.600 |
| 3 | 900 | 2.430 | 4.920 | 9.090 | 14.100 | 28.400 | 51.000 | 79.200 |
| 4 | 1.050 | 2.840 | 5.730 | 10.530 | 16.400 | 32.925 | 59.050 | 91.600 |
| 5 | 1.190 | 3.190 | 6.440 | 11.820 | 18.400 | 36.900 | 66.100 | 102.300 |
| 6 | 1.310 | 3.510 | 7.060 | 13.000 | 20.180 | 40.500 | 72.500 | 112.300 |
| 7 | 1.420 | 3.810 | 7.650 | 14.100 | 21.900 | 43.900 | 78.550 | 121.400 |
| 8 | 1.530 | 4.080 | 8.190 | 15.070 | 23.400 | 46.900 | 83.900 | 129.700 |
| 9 | 1.630 | 4.330 | 8.690 | 16.010 | 24.850 | 49.750 | 89.000 | 137.700 |
| 10 | 1.730 | 4.570 | 9.170 | 16.930 | 26.200 | 52.400 | 93.800 | 145.100 |
| 11 | 1.820 | 4.800 | 9.640 | 17.830 | 27.500 | 55.050 | 98.550 | 152.400 |
| 12 | 1.900 | 5.020 | 10.110 | 19.100 | 28.800 | 57.500 | 103.000 | 159.400 |
| 13 | 1.980 | 5.240 | 10.480 | 19.380 | 30.000 | 59.950 | 107.300 | 165.900 |
| 14 | 2.060 | 5.440 | 10.840 | 20.050 | 31.100 | 62.150 | 111.200 | 172.000 |
| 15 | 2.140 | 5.630 | 11.230 | 20.800 | 32.200 | 64.300 | 115.000 | 177.600 |
| 20 | 2.480 | 6.530 | 13.010 | 24.100 | 37.300 | 74.400 | 131.900 | 205.200 |
| 25 | 2.800 | 7.320 | 14.600 | 27.000 | 41.750 | 83.250 | 148.800 | 230.000 |
| 30 | 3.060 | 8.010 | 16.000 | 29.600 | 45.800 | 91.400 | 163.300 | 252.300 |
| 35 | 3.320 | 8.700 | 17.300 | 32.000 | 49.500 | 98.800 | 176.300 | 272.300 |
| 40 | 3.560 | 9.310 | 18.510 | 34.300 | 53.000 | 105.500 | 188.500 | 291.700 |
| 45 | 3.780 | 9.850 | 19.680 | 36.400 | 56.200 | 112.100 | 200.100 | 309.300 |
| 50 | 3.990 | 10.380 | 20.730 | 38.400 | 59.200 | 117.300 | 210.800 | 325.700 |
| 55 | 4.190 | 10.900 | 21.750 | 40.300 | 62.100 | 123.600 | 221.500 | 341.700 |
| 60 | 4.380 | 11.400 | 22.750 | 42.100 | 65.000 | 129.100 | 231.100 | 357.300 |
| 65 | 4.560 | 11.870 | 23.700 | 43.800 | 67.650 | 134.400 | 240.300 | 371.300 |
| 70 | 4.740 | 12.330 | 24.600 | 45.500 | 70.250 | 139.600 | 249.300 | 385.300 |
| 80 | 5.060 | 13.170 | 26.250 | 48.600 | 75.000 | 149.400 | 266.300 | 411.700 |
| 90 | 5.380 | 14.000 | 27.850 | 51.600 | 79.600 | 158.500 | 283.100 | 437.200 |
| 100 | 5.680 | 14.790 | 29.410 | 54.480 | 84.030 | 167.200 | 298.100 | 461.200 |

EXEMPLE d'application des tableaux XVIII à XXI au calcul du diamètre intérieur des conduites de vapeur, chauffage à basse pression.

Fig. 7 donne la disposition d'une installation de chauffage par vapeur à basse pression. Le calcul des diamètres de conduites peut se faire en partant de différents points de vue, en admettant que chacun des corps de chauffe I, II, III, IV, V et VI doit fournir 40.000 calories par heure.

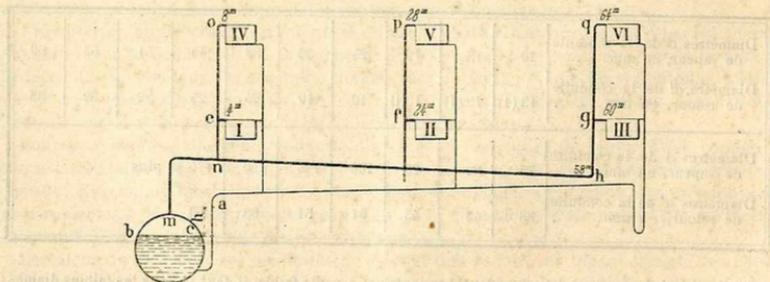


Fig. 7.

Chauffage par vapeur à basse pression Quantités de chaleur fournies par des conduites protégées contre le refroidissement par matière calorifuge, à perte de pression donnée. Tuyaux raccordés par brides.

TABLEAU XIX

| Perte de pression par mètre courant en kg. par m ² . | Quantités de chaleur, en calories, apportées par heure, par des conduites de diam. de : | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 3" | 3 1/2" | 4" | 4 1/2" | 5" | 5 1/2" | 6" |
| | 70 mm. | 82 mm. | 94 mm. | 106 mm. | 119 mm. | 131 mm. | 143 mm. |
| 1 | 36.850 | 55.000 | 77.300 | 105.000 | 140.600 | 179.200 | 234.000 |
| 2 | 53.000 | 79.000 | 110.900 | 150.500 | 201.500 | 256.000 | 320.000 |
| 3 | 65.200 | 97.000 | 136.800 | 185.300 | 248.000 | 315.000 | 393.000 |
| 4 | 75.700 | 113.000 | 158.600 | 215.000 | 287.200 | 365.500 | 456.000 |
| 5 | 85.000 | 126.600 | 178.000 | 240.950 | 322.000 | 409.000 | 510.000 |
| 6 | 93.250 | 139.100 | 195.100 | 264.500 | 353.000 | 449.000 | 560.000 |
| 7 | 100.900 | 150.800 | 211.600 | 286.500 | 382.000 | 486.000 | 607.000 |
| 8 | 107.900 | 161.000 | 226.500 | 306.300 | 410.000 | 520.000 | 650.000 |
| 9 | 114.400 | 171.000 | 240.000 | 321.000 | 434.000 | 552.000 | 690.000 |
| 10 | 120.700 | 180.500 | 253.300 | 342.600 | 458.000 | 582.000 | 738.000 |
| 11 | 127.000 | 189.500 | 266.000 | 359.200 | 481.000 | 611.000 | 782.000 |
| 12 | 132.500 | 198.000 | 277.800 | 376.150 | 503.000 | 639.000 | 796.000 |
| 13 | 138.000 | 205.300 | 289.500 | 392.100 | 524.000 | 665.000 | 829.000 |
| 14 | 143.100 | 213.800 | 300.000 | 406.400 | 543.000 | 689.000 | 859.500 |
| 15 | 148.200 | 221.000 | 310.500 | 420.700 | 561.500 | 713.000 | 889.000 |
| 20 | 171.500 | 256.000 | 359.500 | 486.700 | 650.000 | 826.000 | 1.028.000 |
| 25 | 192.100 | 287.000 | 402.500 | 545.000 | 727.000 | 925.000 | 1.152.000 |
| 30 | 210.500 | 315.000 | 441.500 | 597.800 | 798.000 | 1.017.000 | 1.262.000 |
| 35 | 228.000 | 340.000 | 477.000 | 646.200 | 862.000 | 1.104.000 | 1.363.000 |
| 40 | 244.000 | 364.000 | 511.000 | 691.300 | 923.000 | 1.188.000 | 1.460.000 |
| 45 | 258.500 | 386.000 | 542.000 | 733.100 | 979.000 | 1.263.000 | 1.550.000 |
| 50 | 272.500 | 407.000 | 571.000 | 772.700 | 1.029.000 | 1.329.000 | 1.632.000 |
| 55 | 286.000 | 427.000 | 599.000 | 811.200 | 1.079.000 | 1.393.000 | 1.712.000 |
| 60 | 299.000 | 447.000 | 626.000 | 847.500 | 1.129.000 | 1.445.000 | 1.790.000 |
| 65 | 314.500 | 465.000 | 652.000 | 881.600 | 1.177.000 | 1.504.000 | 1.892.000 |
| 70 | 323.500 | 483.000 | 677.000 | 915.700 | 1.220.000 | 1.552.000 | 1.932.000 |
| 80 | 345.500 | 515.000 | 725.000 | 978.400 | 1.302.000 | 1.655.000 | 2.082.000 |
| 90 | 366.500 | 547.000 | 767.000 | 1.039.000 | 1.384.000 | 1.758.000 | 2.192.000 |
| 100 | 386.500 | 577.000 | 809.000 | 1.095.000 | 1.460.000 | 1.855.000 | 2.312.000 |

En établissant le calcul de façon telle que la pression de la vapeur soit égale, à son entrée dans chaque corps de chauffe, la section de passage des robinets de réglage se détermine indépendamment du diamètre de la conduite de vapeur et ne dépend que de l'excès de pression existant devant le robinet.

Admettons que dans notre exemple (fig. 7) il existe un excès de pression (sur la pression atmosphérique) de 0,10 atm. ou 1.000 kg. par m² dans la chaudière et 400 kg. par m² devant les robinets des corps de chauffe. Lorsque la section de passage correspond au diamètre du robinet, il faut, pour un excès de pression de 400 kg. par m², en circonstances normales, des robinets de 13 mm. de passage pour quantité de vapeur contenant en chaleur latente 3.500 calories entrant par heure ; 19 mm. pour 8.000 cal. ; et 25 mm. pour 13.000 cal.

Pour le calcul des conduites de distribution principales, on admet que la perte de pression de la chaudière au corps de chauffe le plus éloigné augmente proportionnellement à la longueur de conduite. Du schéma fig. 7 on déduit :

Longueur de la conduite entre le corps de chauffe le plus éloigné et la chaudière = 64 mètres.

Perte totale de pression ou pression motrice = 1.000 - 400 = 600 kg. (par m²).

Perte de pression par mètre courant ou pression motrice = 600 : 64 = 9,37 kg. (par m²).

Chauffage par vapeur à basse pression. Quantités de chaleur fournies par des conduites non protégées contre le refroidissement, à perte de pression donnée. Tuyaux raccordés par manchons.

TABLEAU XX

| Perte de pression par m. courant de conduite en kg par m ² . | Quantités de chaleur, en calories, apportées par heure par des conduites de diam. de : | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| | 1''/2 | 3''/4 | 1'' | 1''1/4 | 1''1/2 | 2'' | 2''1/2 | 3'' |
| | 13 mm. | 19 mm. | 25 mm. | 32 mm. | 38 mm. | 50 mm. | 63 mm. | 75 mm. |
| 1 | 180 | 900 | 2.160 | 3.890 | 6.450 | 14.370 | 27.080 | 43.000 |
| 2 | 420 | 1.510 | 3.590 | 6.150 | 9.960 | 21.330 | 39.500 | 62.200 |
| 3 | 600 | 1.980 | 4.320 | 7.890 | 12.600 | 26.600 | 48.900 | 76.800 |
| 4 | 750 | 2.390 | 5.130 | 9.330 | 14.900 | 31.125 | 56.950 | 89.200 |
| 5 | 890 | 2.740 | 6.460 | 10.620 | 16.900 | 35.100 | 64.000 | 99.900 |
| 6 | 1.010 | 3.060 | 7.590 | 11.800 | 18.580 | 38.700 | 70.400 | 109.800 |
| 7 | 1.120 | 3.360 | 8.090 | 12.900 | 20.400 | 42.100 | 76.450 | 119.000 |
| 8 | 1.230 | 3.630 | 8.570 | 13.870 | 21.900 | 45.100 | 81.800 | 127.300 |
| 9 | 1.330 | 3.880 | 8.990 | 14.870 | 23.350 | 47.950 | 85.900 | 135.300 |
| 10 | 1.430 | 4.120 | 9.570 | 15.730 | 24.700 | 50.600 | 91.700 | 142.700 |
| 11 | 1.520 | 4.350 | 9.940 | 16.600 | 26.000 | 53.250 | 96.450 | 150.000 |
| 12 | 1.600 | 4.570 | 9.510 | 17.900 | 27.300 | 55.700 | 100.900 | 157.000 |
| 13 | 1.680 | 4.790 | 9.880 | 18.180 | 28.500 | 58.150 | 105.200 | 163.500 |
| 14 | 1.760 | 4.990 | 10.240 | 18.860 | 29.600 | 60.350 | 109.100 | 169.600 |
| 15 | 1.840 | 5.180 | 10.630 | 19.600 | 30.700 | 62.500 | 112.900 | 175.200 |
| 20 | 2.180 | 6.080 | 12.410 | 22.900 | 35.800 | 72.600 | 129.800 | 202.800 |
| 25 | 2.500 | 6.870 | 14.000 | 25.800 | 40.250 | 81.450 | 146.700 | 227.600 |
| 30 | 2.760 | 7.590 | 15.400 | 28.400 | 44.300 | 89.600 | 161.200 | 249.800 |
| 35 | 3.020 | 8.250 | 16.700 | 30.800 | 48.000 | 97.000 | 174.200 | 269.800 |
| 40 | 3.260 | 8.860 | 17.910 | 33.100 | 51.500 | 103.700 | 186.400 | 289.300 |
| 45 | 3.480 | 9.400 | 19.080 | 35.200 | 54.700 | 110.300 | 198.000 | 306.800 |
| 50 | 3.690 | 9.920 | 20.130 | 37.200 | 57.700 | 116.100 | 208.700 | 323.300 |
| 55 | 3.890 | 10.450 | 21.150 | 39.100 | 60.600 | 121.800 | 219.400 | 339.300 |
| 60 | 4.080 | 10.950 | 22.150 | 40.900 | 63.500 | 127.300 | 229.000 | 354.800 |
| 65 | 4.260 | 11.420 | 23.100 | 42.600 | 66.150 | 132.600 | 238.200 | 368.800 |
| 70 | 4.440 | 11.880 | 24.000 | 44.300 | 68.750 | 137.800 | 247.200 | 382.800 |
| 80 | 4.760 | 12.720 | 25.650 | 47.300 | 73.500 | 147.600 | 264.200 | 409.300 |
| 90 | 5.080 | 13.550 | 27.250 | 50.400 | 78.100 | 156.700 | 281.000 | 434.800 |
| 100 | 5.380 | 14.310 | 28.810 | 53.780 | 82.530 | 165.400 | 296.000 | 458.800 |

Les tableaux XVIII à XXI ne contenant pas le chiffre 9,37 kg. de perte de pression par m. courant, on peut prendre 9 pour une partie, 2/3 par exemple, et 10 pour l'autre 1/3, ou prendre pour le tout 9 kg. (par m²).

La conduite principale est protégée contre le refroidissement jusqu'à 58 mètres de distance horizontale, les autres conduites ne le sont pas.

Alors et d'après le tableau XX relatif aux conduites nues, on trouve pour les conduites verticales se rendant aux corps de chauffe III, VI les plus éloignés et devant fournir chacun 10.000 calories par heure, ce qui correspond à 20.000 cal. pour la partie *hg* (fig. 7).

$$d_{99} = 32 \text{ mm.} \quad d_{hg} = 38 \text{ mm.}$$

et pour les branchements horizontaux reliant cette conduite verticale aux corps de chauffe : $d_{VI} = 32 \text{ mm.}$; $d_{III} = 32 \text{ mm.}$; diamètres qui pourraient être un peu réduits si, dans le commerce, on trouvait des fers creux de diamètre intermédiaire entre 25 mm. et 32 mm.

Pour la conduite verticale allant de la conduite principale *mni* aux corps de chauffe II, V qui, également, devraient fournir 10.000 cal. chacun, par heure, on a $l_V = 28 \text{ m.}$ et $l_{II} = 24 \text{ m.}$

Chauffage par vapeur à basse pression. Quantités de chaleur fournies par des conduites non protégées contre le refroidissement, à perte de pression donnée. Tuyaux raccordés par brides.

TABLEAU XXI

| Perte de pression par mètre courant de conduite en kg. par m ² . | Quantités de chaleur, en calories, apportées par heure par des conduites de diamètre de : | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 3" | 3"1/2 | 4" | 4"1/2 | 5" | 5"1/2 | 6" |
| | 70 mm. | 82 mm. | 94 mm. | 106 mm. | 119 mm. | 131 mm. | 143 mm. |
| 1 | 30.850 | 46.000 | 65.300 | 90.000 | 122.600 | 158.200 | 200.000 |
| 2 | 47.000 | 70.000 | 98.900 | 135.500 | 183.500 | 235.000 | 296.000 |
| 3 | 59.200 | 88.000 | 124.800 | 170.300 | 230.000 | 294.000 | 369.000 |
| 4 | 69.700 | 104.000 | 146.600 | 200.000 | 269.200 | 344.500 | 432.000 |
| 5 | 79.000 | 117.600 | 166.000 | 225.960 | 304.000 | 388.000 | 486.000 |
| 6 | 87.250 | 130.100 | 183.100 | 249.500 | 335.000 | 428.000 | 536.000 |
| 7 | 94.900 | 141.800 | 199.600 | 271.500 | 364.000 | 465.000 | 583.000 |
| 8 | 101.900 | 152.000 | 214.500 | 291.300 | 392.000 | 499.000 | 626.000 |
| 9 | 108.400 | 162.000 | 228.000 | 310.100 | 416.000 | 531.000 | 666.000 |
| 10 | 114.700 | 171.500 | 241.300 | 327.600 | 440.000 | 561.000 | 704.000 |
| 11 | 121.000 | 180.500 | 254.000 | 345.200 | 463.000 | 590.000 | 738.000 |
| 12 | 126.500 | 189.000 | 265.800 | 361.150 | 485.000 | 618.000 | 772.000 |
| 13 | 132.000 | 197.300 | 277.500 | 377.100 | 506.000 | 644.000 | 805.000 |
| 14 | 137.100 | 204.800 | 288.000 | 391.400 | 525.000 | 668.000 | 835.500 |
| 15 | 142.200 | 212.000 | 298.500 | 405.700 | 543.500 | 692.000 | 865.000 |
| 20 | 165.500 | 247.000 | 347.500 | 471.700 | 632.000 | 805.000 | 1.004.000 |
| 25 | 186.100 | 278.000 | 390.500 | 530.000 | 709.000 | 904.000 | 1.128.000 |
| 30 | 204.500 | 306.000 | 429.500 | 582.800 | 780.000 | 996.000 | 1.238.000 |
| 35 | 222.000 | 331.000 | 465.000 | 631.200 | 844.000 | 1.083.000 | 1.339.000 |
| 40 | 238.800 | 355.000 | 499.000 | 676.300 | 905.000 | 1.167.000 | 1.436.000 |
| 45 | 252.500 | 377.000 | 530.000 | 718.100 | 961.000 | 1.244.000 | 1.526.000 |
| 50 | 266.500 | 398.000 | 559.000 | 757.700 | 1.011.000 | 1.308.000 | 1.608.000 |
| 55 | 280.000 | 418.000 | 587.000 | 796.200 | 1.061.000 | 1.372.000 | 1.688.000 |
| 60 | 293.000 | 438.000 | 614.000 | 832.500 | 1.111.000 | 1.424.000 | 1.766.000 |
| 65 | 305.500 | 456.000 | 640.000 | 866.600 | 1.159.000 | 1.483.000 | 1.838.000 |
| 70 | 317.500 | 474.000 | 665.000 | 900.700 | 1.202.000 | 1.531.000 | 1.908.000 |
| 80 | 339.000 | 506.000 | 711.000 | 963.400 | 1.284.000 | 1.634.000 | 2.038.000 |
| 90 | 360.500 | 538.000 | 755.000 | 1.024.000 | 1.366.000 | 1.737.000 | 2.168.000 |
| 100 | 380.500 | 568.000 | 797.000 | 1.080.000 | 1.442.000 | 1.834.000 | 2.288.000 |

Si l'on considère que la perte de pression à la distance de 28 m. de la chaudière = $28 \times 9 = 252$ kg (par m²), il reste disponible $600 - 252 = 348$ kg. de pression (par m²), jusqu'au corps de chauffe V, de sorte qu'il existe sur les 4 mètres de longueur de conduite verticale une pression motrice moyenne de $348 : 4 = 87$ kg. (par m²) par mètre courant : cette conduite verticale étant nue, le tableau XX va encore, en suivant la ligne horizontale correspondant à 80 ou 90 kg., nous donner les diamètres intérieurs à employer pour cette conduite verticale dans ses parties *if*, *fp* et ses branchements horizontaux *fII*, *pV* :

$$d_{fp} = 49 \text{ mm.} = d_{pV} \quad d_{if} = 25 \text{ mm.} \quad d_{fII} = 49 \text{ mm.}$$

De même pour la conduite verticale allant de la conduite principale *mn* au corps de chauffe IV et I qui, aussi, devraient fournir chacun 10.000 calories par heure, on a $l_{IV} = 8$ m. et $l_I = 4$ m.

La perte de pression à la distance de 8 m. de la chaudière = $8 \times 9 = 72$ kg. (par m²), il reste disponible $600 - 72 = 528$ kg. de pression (par m²) jusqu'au corps de chauffe IV, de sorte que sur les 4 mètres de longueur de conduite verticale se répartit une pression motrice moyenne de $528 : 4 = 132$ kg. (par m²), par mètre courant. Cette conduite ver-

ticale étant nue, le tableau XX est encore à employer et nous montre que pour les parties *ne*, *eo* et les branchements horizontaux $e_{I, o_{IV}}$ les diamètres intérieurs $d_{eo} = 49$ mm. $= d_{oIV}$ $d_{ne} = 25$ mm. $d_{eI} = 19$ mm. peuvent être employés ; mais qu'ils seront très larges ; les diamètres immédiatement inférieurs seraient trop faibles. La conduite principale est protégée contre le refroidissement par une enveloppe calorifuge. Pour les parties *mn*, *ni*, *ih* de cette conduite devant amener respectivement 60.000, 40.000 et 20.000 calories par heure, avec une perte de pression de 9 kg (par m²) par mètre courant, nous trouverons d'après tableau XVIII pour les diamètres intérieurs :

$$d_{mn} = 63 \text{ mm.} \quad d_{ni} = 50 \text{ mm.} \quad d_{ih} = 38 \text{ mm.}$$

Observations. — Les quantités de chaleur portées dans les 4 tableaux qui précèdent ont été déterminées en supposant que les conduites sont constamment et exactement purgées d'eau de condensation. Les conduites de petit diamètre ne doivent avoir que de faibles longueurs (12 à 20 m. au plus), comme c'est le cas pour des installations normales ; s'il s'agissait d'installations extraordinaires en longueur, les diamètres devraient être calculés exactement.

En prenant pour point de départ une colonne d'eau de hauteur *h* comme force motrice de l'écoulement de vapeur dans les conduites pour chauffage par vapeur à basse pression et admettant qu'en moyenne il se trouve à chaque 5 m. un angle vif et un angle arrondi, dans ces conduites, Einbeck a donné une formule simplifiée de détermination du diamètre intérieur de ces conduites.

$$d = 0,03 \sqrt[3]{\frac{C^2}{\gamma \omega^2 h}}$$

et

$$C = 4.980.000 \omega \sqrt[2]{\frac{d \gamma^2 h}{l}}$$

d = diamètre intérieur de conduite de vapeur.

γ = poids spécifique de la vapeur, à la pression dans la chaudière.

l = longueur de la conduite depuis la chaudière jusqu'au corps de chauffe.

C = quantité de chaleur en calories que doit rendre un corps de chauffe, par heure, augmentée de celle qui est perdue par la conduite.

ω = chaleur latente contenue dans 1 kg. de vapeur, à la pression dans la chaudière.

h = hauteur de colonne d'eau qui, dans la chaudière, détermine l'écoulement de la vapeur = pression motrice = excès de pression, dans la chaudière, sur la pression atmosphérique.

Dans la plupart des cas rencontrés en pratique, on peut poser $h = 1$ m., il faut alors que la plus grande hauteur prise par le niveau de l'eau dans la chaudière soit au moins à 1 m. plus bas que le point le plus bas de la réunion de la conduite d'eau condensée à son corps de chauffe ou à la conduite de vapeur qui lui appartient.

Si l'on admet $l = 100$ m. on aura : $\frac{h}{l} = 0,01$ et l'on trouvera pour valeur de *C* correspondante : $C_{0,01}$, en calories.

$$C_{0,01} = 498.000 \omega \sqrt[2]{d \gamma^2}, \text{ en calories}$$

dont les valeurs calculées forment le tableau XXII suivant.

Chauffage par vapeur à basse pression. Quantités de chaleur, en calories, fournies par des conduites protégées contre le refroidissement, à des pressions diverses.

TABLEAU XXII

| Pression p = | 1 atm. 1 | 1 atm. 3 | 1 atm. 5 | 2 atm. | 5 atm. |
|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Poids spécifique γ = | 0,6628 | 0,7757 | 0,8874 | 1,1631 | 3,263 |
| Chaleur latente ω = | 535 cal. | 531 cal. | 528 cal. | 522 cal. | 494 cal. |

| Fers creux Diamètre intérieur | Valeurs de $C_{0,01}$, en calories pour $h = 1$ mètre | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | $d = 13$ mm. | 1.670 | 1.790 | 1.905 | 2.160 |
| $d = 19$ mm. | 4.900 | 5.275 | 5.600 | 6.320 | 10.040 |
| $d = 25$ mm. | 9.440 | 10.140 | 10.780 | 12.200 | 19.350 |
| $d = 32$ mm. | 15.870 | 17.040 | 18.120 | 20.510 | 32.510 |
| $d = 38$ mm. | 25.870 | 27.780 | 29.550 | 33.440 | 53.010 |
| $d = 50$ mm. | 53.420 | 57.360 | 61.000 | 67.040 | 109.400 |
| $d = 57$ mm. | 67.050 | 72.150 | 76.740 | 86.860 | 137.700 |
| $d = 70$ mm. | 112.330 | 120.600 | 128.200 | 145.200 | 230.100 |
| $d = 82$ mm. | 166.800 | 179.200 | 190.500 | 215.600 | 341.800 |
| $d = 94$ mm. | 234.700 | 252.000 | 268.000 | 303.300 | 480.900 |

Si $h < 1$, on devra pour $l = 100$ m. multiplier les valeurs de $C_{0,01}$ par \sqrt{h} , en donnant à h la valeur adoptée.

Lorsque pour $h = 1$, l a une autre valeur que 100 m., on devra multiplier les valeurs de $C_{0,01}$ par

$$\frac{\sqrt{100}}{\sqrt{l}} \quad \text{ou par} \quad \frac{10}{\sqrt{l}}$$

En général pour $h = 1$ et différentes longueurs l , on aura :

$$C = K C_{0,01}$$

en prenant pour valeurs de K celles indiquées dans le tableau XXIII suivant.

Coefficients K pour diverses longueurs de conduites de vapeur dans le chauffage par vapeur à basse pression.

TABLEAU XXIII

| l en mètres | K | l en mètres | K | l en mètres | K |
|------------------|------|------------------|------|------------------|------|
| 1 | 7 | 9 | 3,12 | 80 | 1,07 |
| 2 | 5,5 | 10 | 3 | 90 | 1,03 |
| 3 | 4,8 | 20 | 2 | 100 | 1 |
| 4 | 4,2 | 30 | 1,6 | 175 | 0,75 |
| 5 | 3,8 | 40 | 1,3 | 250 | 0,66 |
| 6 | 3,6 | 50 | 1,2 | 400 | 0,5 |
| 7 | 3,4 | 60 | 1,15 | 900 | 0,33 |
| 8 | 3,25 | 70 | 1,1 | 1.600 | 0,25 |

La valeur de $C = C_1 + C_2$ = la somme de la quantité de chaleur rendue par la conduite d'arrivée et de celle rendue par le corps de chauffe, par heure. En général on trouve :

$$\frac{C_1}{C_2} = 0,04 \text{ à } 0,07, \text{ de sorte qu'en moyenne}$$

$$C_1 = 0,05 C_2$$

$$C = 1,05 C_2$$

Dans des conditions très défavorables en ce qui touche la conduite, on poserait : $C = 1,075 \text{ à } 1,1 C_2$.

Chauffage par vapeur à basse pression. Vitesse de la vapeur dans les conduites protégées contre le refroidissement, à des pressions diverses.

TABLEAU XXIV

| Pression p = | 1 atm. 1 | 1 atm. 3 | 1 atm. 5 | 2 atm. | 5 atm. |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Poids spécifique γ = | 0,6628 | 0,7757 | 0,8874 | 1,1631 | 3,263 |
| Chaleur latente ω = | 535 cal. | 531 cal. | 528 cal. | 522 cal. | 494 cal. |
| Fers creux Diamètre intérieur | Valeurs des vitesses $V_{0,04}$ en mètres pour $h = 1$ mètre | | | | |
| $d = 13$ mm. | 10,6 | 9,3 | 8,1 | 7,6 | 4,5 |
| $d = 19$ mm. | 12,4 | 11,5 | 10,7 | 9,3 | 5,6 |
| $d = 25$ mm. | 14 | 12,9 | 12,1 | 10,5 | 6,1 |
| $d = 32$ mm. | 15,5 | 14,4 | 13,4 | 11,7 | 7 |
| $d = 38$ mm. | 17 | 15,7 | 14,7 | 12,9 | 7,7 |
| $d = 50$ mm. | 19,7 | 18,3 | 17,1 | 14,9 | 8,9 |
| $d = 57$ mm. | 20,6 | 19,1 | 17,8 | 15,6 | 9,3 |
| $d = 70$ mm. | 22,9 | 21,1 | 19,7 | 17,2 | 10,3 |
| $d = 82$ mm. | 24,7 | 22,9 | 21,4 | 18,7 | 11,2 |
| $d = 94$ mm. | 26,5 | 24,5 | 22,9 | 20 | 12 |

EXEMPLE d'application des tableaux XXII et XXIII au calcul du diamètre intérieur des conduites de vapeur, chauffage à basse pression, fig. 7 donnant la disposition de l'installation de chauffage. La hauteur $h = 1$ m.

Pour tous les corps de chauffe I à VI, C devra être encore 10.000 cal. par heure.

Pour le corps de chauffe I, $l_1 = 4$ m., il s'ensuit d'après (tableau XXIII) que $K = 4,2$.

D'après le tableau XXII, $a_1 = 20$ mm., car $C_1 = 10.000$ cal. = $4,2 C_{0,01}$.

$$\text{d'où } C_{0,01} = \frac{10.000}{4,2} = 2.400 \text{ cal.}$$

Cette quantité de chaleur (tableau XXII) colonne 1 atm. 1 est comprise entre

$$d = 13 \text{ mm. et } d = 20 \text{ mm.}$$

Pour le corps de chauffe IV, $l_{IV} = 8$ m., pour cela $K = 3,25$.

$$C_{IV} = 10.000 \text{ cal.} = 3,25 C_{0,01} \text{ d'où } C_{0,01} = \frac{10.000}{3,25} = 3.100 \text{ cal.}$$

correspondant également à $d_{IV} = 20$ mm.

Pour le corps de chauffe II, $l_{II} = 24$ m. donc $K_{II} =$ un peu inférieur à 2, par conséquent $d_{II} = 20$ mm. au minimum.

Pour corps de chauffe V, $l_V = 28$ m., on fera bien ici de prendre $d_V = 26$ mm.

Pour corps de chauffe III, $l_{III} = 60$ m., donc K_{III} ne dépassant 1 que de peu, par conséquent $d_{III} = 26$ mm. au minimum.

Pour corps de chauffe VI, $l_{VI} = 64$ m., par suite aussi $d_{VI} = 26$ mm. au minimum.

Pour longueur *ne*, on a $C = 20.000$ cal., la vapeur traversant *ne* ayant à parcourir, en partie du moins, une étendue de 8 m., on aura $l_{ne} = 8$ m., $K_{ne} = 3,25$ et $d_{ne} = 26$ mm.

On trouvera également $l_{if} = 28$ m., $K_{if} =$ un peu plus fort que 1,6 et $d_{if} = 32$ mm.

De même $l_{ig} = 64$ m., $K_{ig} =$ un peu plus faible que 1,15 et $d_{ig} = 39$ mm.

La vapeur passant par *ni* doit fournir 40.000 cal. et parcourir, en partie, 64 m., donc $l_{ni} = 64$ m. et K_{ni} un peu plus faible que 1,15 d'où $d_{ni} = 52$ mm.

$l_{mn} = 64$ m. $C_{mn} = 60.000$ cal.; de là $d_{mn} = 52$ mm., pour plus de sûreté 57 mm.

Ces valeurs ne sont applicables qu'autant que les tuyaux de conduite de vapeur sont vides d'eau condensée dans les corps de chauffe. Cette méthode de détermination des diamètres de conduites de vapeur est critiquable parce qu'elle repose sur trop de suppositions arbitraires, bien que fréquemment pratiques; cependant elle conduit à des résultats plus exactement approchés que l'emploi des tables empiriques suivantes tirées de l'expérience pratique de constructeurs dont les chauffages sont très répandus.

Diamètres de conduites de vapeur d'après les quantités de chaleur C à conduire avec un seul tuyau pour amener la vapeur et retourner l'eau de condensation à la chaudière.

TABLEAU XXV

| | Diamètre des conduites en fer creux en pouces angl et en mm. | Chauffage à basse pression | Désservant des surfaces |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| | | Calories fournies | de chauffe à ailettes à raison de 500 calories par m ² |
| Diamètres intérieurs | 1"/2 = 13 mm. | " | " |
| | 3"/4 = 20 | " | " |
| | 1" = 26 | 5.000 cal par heure | 10 m ² |
| | 1"/4 = 32 | 7.500 " | 15 " |
| | 1"/2 = 38 | 10.000 " | 20 " |
| | 2" = 51 | 20.000 " | 40 " |

| Diamètre des conduites en fer creux en pouces angl. et en mm. | Chauffage à basse pression — Calories fournies | Desservant des surfaces de chauffe à ailettes à raison de 500 calories par m ² |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Diamètres extérieurs | |
| 2 ¹ / ₂ = 58 mm. | 25.000 cal. par heure | 50 m ² |
| 2 ³ / ₄ = 64 | 30.000 » | 60 » |
| 3 = 70 | 40.000 » | 80 » |
| 3 ¹ / ₄ = 76 | 47.500 » | 95 » |
| 3 ¹ / ₂ = 82 | 55.000 » | 110 » |
| 3 ³ / ₄ = 88 | 65.000 » | 130 » |
| 4 ¹ / ₂ = 94 | 75.000 » | 150 » |
| 4 ¹ / ₄ = 100,5 | 81.250 » | 165 » |
| 4 ¹ / ₂ = 106,5 | 87.500 » | 175 » |
| 4 ³ / ₄ = 110 | 93.750 » | 188 » |
| 5 ¹ / ₂ = 118,5 | 100.000 » | 200 » |
| 5 ¹ / ₄ = 131 | 125.000 » | 250 » |

Conduites de vapeur
Pente à donner en direction horizontale : 1/30 (minimum) ou 33 mm. par mètre (minimum)

Diamètres de conduites de vapeur d'après les quantités de chaleur C à conduire, avec tuyaux distincts pour amener la vapeur aux corps de chauffe et retourner l'eau de condensation à la chaudière.

TABLEAU XXVI

| Diamètre intérieur des conduites | Conduites de vapeur | | Conduites de retour d'eau de condensation | |
|----------------------------------------|---------------------|--------------|----------------------------------------------|--------------|
| | Verticales | Horizontales | Verticales | Horizontales |
| | calories | calories | calories | calories |
| 3 ¹ / ₈ = 12 mm. | » | » | » | » |
| 1 ¹ / ₂ = 15 mm. | » | » | 10.000 | » |
| 3 ¹ / ₄ = 20 — | 3.800 | » | 20.000 | 10.000 |
| 1 ¹ / ₂ = 26 — | 8.700 | 4.500 | 30.000 | 24.000 |
| 1 ¹ / ₄ = 34,5 — | 18.000 | 9.300 | 60.000 | 47.000 |
| 1 ¹ / ₂ = 40 — | 28.200 | 15.000 | » | 76.000 |
| 2 ¹ / ₂ = 51 — | 60.300 | 32.000 | » | 164.000 |
| 58/64 mm. | » | 43.000 | » | » |
| 70/76 — | » | 70.000 | » | » |
| 82/89 — | » | 105.000 | » | » |
| 88/95 — | » | 125.000 | » | » |
| 100/108 — | » | 175.000 | » | » |
| 113/121 — | » | 250.000 | » | » |

Raccordement avec les corps de chauffe

Conduites de vapeur

Jusqu'à 3.600 cal., tuyau de 15 mm. = 1¹/₂ diamètre intérieur.

Au-delà de 3.600 cal. » 20 mm. = 3¹/₄ » »

Conduites de retour d'eau

sur le poêle, tuyau de 15 mm. = 1¹/₂ diamètre.

Observation. — Les diamètres intérieurs indiqués par ce tableau sont largement suffisants pour une marche à 1/10 d'atm. seulement.

Ce tableau correspond à des tuyaux protégés par une enveloppe en matière calorifuge, s'ils n'étaient pas enveloppés, le diamètre des conduites de vapeur devrait être pris un peu plus grand ; de même si la distance de la chaudière aux corps de chauffe était très grande.

Diamètres de conduites de vapeur d'après les quantités de chaleur C à conduire, avec tuyaux distincts pour amener la vapeur aux corps de chauffe et retourner l'eau de condensation à la chaudière, la pression normale de la vapeur employée étant encore de 1 atm. 1, soit $h = 1$.

TABLEAU XXVII

| Surface de chauffe | | Valeurs de C | Diamètres intérieurs Conduites de vapeur | | Diamètres intérieurs. Conduites de retour d'eau condensée | |
|--------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------|--------------|
| lisse à 700 c. par m ² | à ailettes à 400 cal. par m ² | | Verticales | Horizontales | Verticales | Horizontales |
| en m ² | en m ² | en calories | Pouces angl. | Pouces angl. | Pouces angl. | Pouces angl. |
| 3 | 6 | 2.400 | 1/2 | 1 | 1/2 | 3/4 |
| 7 | 15 | 6.000 | 1/2 | 1 1/4 | 1/2 | 1 |
| 13 | 30 | 12.000 | 3/4 | 1 1/2 | 3/4 | 1 |
| 30 | 60 | 24.000 | 1 | 1 1/2 | 1 | 1 1/4 |
| 50 | 100 | 40.000 | 1 1/4 | 2 | 1 1/4 | 1 1/2 |
| 75 | 150 | 60.000 | 1 1/2 | 76 mm. | 1 1/2 | 2 |
| 130 | 260 | 104.000 | 2 | 89 mm. | 2 | 76 mm. |
| 200 | 400 | 160.000 | 2 1/2 | 108 mm. | 2 1/2 | 89 mm. |

Les conduites désignées en pouces anglais sont des tuyaux à gaz.
 Les conduites désignées en mm., correspondant à leur diamètre extérieur, sont des tuyaux se raccordant par brides.
 Pour des quantités de calories plus grandes, on calculera le diamètre des conduites suivant les proportions de la table, d'après la section des conduites.
 Conduites de vapeur enveloppées de matière calorifuge.

Le plus généralement, les méthodes empiriques de détermination des diamètres de conduites de vapeur évitent les calculs, mais forcément, pour répondre à tous les cas, elles conduisent à des diamètres trop grands, à des installations plus coûteuses, à des déperditions de chaleur, par condensation dans les conduites, plus importantes. Pour corriger les conduites de trop grande section, on recourt à de petits appareils accolés à chaque corps de chauffe, souvent faisant corps avec le robinet vanne de réglage d'entrée de vapeur et permettant de régler la section de passage de la vapeur une fois pour toutes de telle façon qu'il n'en puisse entrer dans le corps de chauffe qu'exactement ce que le corps de chauffe en peut condenser à pression normale de marche.

Chauffage par vapeur à haute pression.

Pression normale : 1 à 2 atm. au-dessus de la pression atmosphérique. Marche interrompue la nuit, à cause de la nécessité d'une surveillance continue.

Chaudière : Généralement on utilise une installation existant pour moteur. — Conduite principale sous pression de la chaudière ; avant la distribution de la vapeur aux conduites se rendant aux appareils de chauffage, réduction de la vapeur à la pression normale de marche du chauffage par des détendeurs régulateurs de pression. — Dans les habitations, chaudières soumises aux prescriptions du décret du 30 avril 1880 relatives aux générateurs à haute pression.

Surface de chauffe des chaudières : pour chaudières tubulaires 5.000 à 6.000 calories par m² de la surface léchée par les gaz brûlés et par heure ;
 pour chaudières à bouilleurs : 8.000 cal.
 pour chaudières à foyer intérieur : 10.000 à 12.000 calories.

Dans la plupart des cantons de la Suisse, les chaudières pour chauffage sont tolérées jusqu'à une pression de marche de 2 atm. au-dessus de la pression atmosphérique, lorsque le produit du volume d'eau qu'elles contiennent, en m³, par la pression de marche, en atmosphères, au-dessus de la pression atmosphérique ≤ 5 .

Rendement dans le chauffage par vapeur à haute pression.

TABLEAU XXVIII

| Surface de chauffe | Calories par mq., par heure et par degré C de différence de température entre la vapeur et l'air de la pièce |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tuyaux de 33 jusqu'au dessus de 100 mm. de diamètre extérieur | 14 à 12,5 |
| Radiateurs, écartement minimum des éléments, 20 mm. : | |
| Pour 1 élément seul. | 12 |
| Pour 2 jusqu'à plus de 6 éléments | 10 à 8,5 |

Corps de chauffe. — Les mêmes que ceux employés dans le chauffage par vapeur à basse pression.

Réglage du rendement de chaleur difficile, ouverture de robinet intermittente ou division des surfaces de chauffe par groupes.

Tuyauterie. — Pour fonctionnement sans bruit, conduite séparée pour vapeur et pour retour d'eau de condensation. Distribution de la vapeur par le haut. — Pour toute surface de chauffe avec robinet pouvant être fermé, un robinet à soupape de retenue ou un purgeur automatique ; ensuite réunion des différentes conduites ; ou bien, 2 robinets : un pour la conduite de vapeur et un pour le retour d'eau de condensation.

Calcul des conduites de vapeur. — En désignant par :

- Q, la quantité de vapeur demandée par heure à la fin de la conduite, en kg. ;
- Q', la quantité de vapeur dépensée par les pertes de chaleur de cette conduite, par heure, en kg. ;
- l, la longueur de la conduite en mètres ;
- d, le diamètre intérieur ; D, le diamètre extérieur de cette conduite, en mètre ;
- p₁, la pression absolue de la vapeur à la fin de la conduite, en kg. par m² ;
- p₂, la pression absolue nécessaire de la vapeur au commencement de la conduite, en tenant compte des pertes de pression par frottement, résistances ayant lieu une fois, et refroidissement de la vapeur dans la conduite, en kg. par m² ;
- p''₂, la perte de pression par les résistances ayant lieu une fois (coudes, tés, robinets, etc., contractions, etc.), en kg. par m² ; $p''_2 = \frac{v_a^2}{2g} \cdot \gamma \cdot \Sigma \xi$;
- p'₂, la pression absolue nécessaire de la vapeur au commencement de la conduite, en tenant compte des pertes de pression occasionnées par les frottements et le refroidissement (pertes de chaleur) dans la conduite, en kg. par m² ;

v_a , la vitesse par seconde de la vapeur au commencement de la conduite, en mètres ;
 γ , densité de la vapeur à la pression p_1 à la fin de la conduite ; et par
 $\Sigma \xi$ la somme des coefficients de frottement et de toutes les résistances ayant lieu une fois.

D'après Rietschel, nous aurons :

$$p_2' = \sqrt{\frac{25160 l}{(100 d)^5} (3 Q^2 + Q' (3 Q + Q') + (p_1 + 3060)^2 - 3060}$$

$$p_2'' = \frac{v_a^2}{2g} \cdot \gamma \cdot \Sigma \xi$$

$$v_a = \frac{Q + Q'}{3.600 \gamma d^2 \pi}$$

$$p_2 = p_2' + p_2''$$

Le tableau suivant est calculé en se basant sur un excès moyen de pression = 1,25 atm. au-dessus de la pression atmosphérique ; il s'applique et s'emploie comme les tableaux XVIII à XXI relatifs au chauffage par vapeur à basse pression.

Quantités de chaleur fournies par des conduites de vapeur à haute pression, à perte de pression donnée.

TABLEAU XXIX

| Perte de pression par mèl. conduit de conduite en kg. par m ² | Quantités de chaleur, en calories, amenées par heure par des conduites de diamètre de : | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| | 1''/2 | 3''/4 | 1'' | 1''1/4 | 1''1/2 | 2'' | 2''1/2 |
| | 13 mm. | 19 mm. | 25 mm. | 32 mm. | 38 mm. | 50 mm. | 63 mm. |
| 10 | 1.570 | 4.680 | 10.200 | 20.500 | 32.600 | 68.600 | 126.000 |
| 20 | 2.640 | 7.450 | 15.800 | 30.700 | 48.200 | 99.500 | 182.500 |
| 30 | 3.450 | 9.550 | 19.750 | 38.400 | 60.000 | 123.000 | 223.500 |
| 40 | 4.150 | 11.400 | 23.400 | 45.200 | 70.400 | 143.000 | 260.000 |
| 50 | 4.750 | 12.900 | 26.300 | 50.800 | 79.000 | 160.500 | 290.000 |
| 60 | 5.300 | 14.400 | 29.200 | 56.000 | 87.100 | 177.000 | 319.000 |
| 70 | 5.800 | 15.900 | 31.800 | 60.800 | 94.500 | 191.000 | 345.000 |
| 80 | 6.300 | 16.900 | 34.200 | 65.400 | 101.500 | 205.000 | 369.000 |
| 90 | 6.730 | 18.000 | 36.500 | 69.500 | 107.800 | 218.000 | 392.000 |
| 100 | 7.140 | 19.100 | 38.700 | 73.600 | 114.000 | 229.000 | 414.000 |
| 120 | 7.910 | 21.100 | 42.600 | 81.000 | 125.000 | 252.000 | 454.000 |
| 140 | 8.680 | 23.000 | 46.400 | 88.000 | 136.000 | 274.000 | 491.000 |
| 160 | 9.330 | 24.700 | 49.700 | 94.100 | 145.700 | 292.000 | 525.000 |
| 180 | 9.950 | 26.400 | 53.000 | 100.000 | 155.000 | 311.000 | 559.000 |
| 200 | 10.350 | 28.100 | 56.000 | 104.800 | 163.000 | 327.000 | 586.000 |
| 250 | 11.900 | 31.500 | 63.000 | 119.000 | 183.500 | 367.000 | 660.000 |
| 300 | 13.100 | 34.500 | 69.000 | 130.000 | 201.000 | 402.000 | 723.000 |
| 350 | 14.200 | 37.500 | 75.000 | 141.000 | 217.500 | 434.000 | 780.000 |
| 400 | 15.280 | 40.200 | 80.200 | 151.200 | 233.500 | 465.000 | 835.000 |
| 450 | 16.280 | 42.700 | 85.200 | 161.000 | 247.500 | 494.000 | 885.000 |
| 500 | 17.200 | 45.200 | 90.000 | 169.500 | 261.000 | 522.000 | 923.000 |
| 600 | 18.900 | 49.800 | 99.000 | 186.000 | 286.000 | 572.000 | 1.023.000 |
| 700 | 20.500 | 53.900 | 107.000 | 201.000 | 309.000 | 618.000 | 1.103.000 |
| 800 | 22.000 | 57.800 | 115.000 | 216.000 | 331.000 | 662.000 | 1.183.000 |
| 900 | 23.400 | 61.300 | 122.000 | 228.500 | 351.000 | 702.000 | 1.254.000 |
| 1.000 | 24.700 | 64.800 | 129.000 | 241.000 | 371.000 | 739.000 | 1.323.000 |

Conduites de retour d'eau de condensation. — Evacuation automatique de l'eau de condensation sans échappement de la vapeur. — Appareils évacuant en même temps l'air de purge, à préférer : pots de condensation, etc.

Avantages. — La vapeur peut être conduite à de longues distances, avec une grande vitesse et une grande facilité sans perte considérable : l'installation de chauffage peut donc recevoir une aussi grande étendue qu'il est nécessaire ou qu'on le désire, horizontalement ou verticalement.

La conduite ne nécessite qu'une faible section de tuyaux. La température peut être facilement réglée.

Désavantage. — Le système ne comporte qu'une faible accumulation de chaleur, d'où régime instable, à surveiller.

Chauffage par vapeur d'échappement.

Raccordement à des machines à vapeur à échappement existant à proximité.

Par cheval-heure, *utilisation de chaleur* :

10.000 à 5.000 calories : diminuant avec la puissance des machines (Machine de 30 HP fournit environ 15 kg. de vapeur par cheval et par heure).

Prise de vapeur avant son entrée dans un réchauffeur d'eau, si l'installation en comporte. Disposition à prendre pour marcher séparément ou avec l'emploi de vapeur fraîche pendant les interruptions de marche du moteur.

Dans la conduite, à faire entrer la vapeur fraîche, à haute pression, sous forme de jet, pour diminuer la contre-pression sur le piston de la machine.

Valve ou robinet d'échappement de sûreté, ou appareil signal, à employer pour l'échappement de la vapeur au dehors, ou au réchauffeur, s'il y en a, pour empêcher toute augmentation de pression dans la conduite de vapeur d'échappement résultant de la fermeture des corps de chauffe, ou condenseurs à surface.

En ce qui concerne les surfaces de chauffe et la tuyauterie, appliquer les mêmes appareils et les mêmes règles que dans le chauffage par vapeur à basse pression.

Bien tenir compte de l'entraînement par la vapeur de l'huile de graissage employée dans les cylindres (graissage du piston et des tiroirs). Éviter l'emploi de tuyaux de petit diamètre ; éventuellement purifier la vapeur de l'huile entraînée.

Eau de condensation ne peut être utilisée à l'alimentation des chaudières sans avoir extrait l'huile qui y est mélangée.

Inconvénients. — Contre-pression plus ou moins sensible dans la marche de la machine — Coups d'échappement entendus à de grandes distances par la conduite de vapeur d'échappement.

Chauffage par eau chaude, à basse pression.

Eau employée comme véhicule de chaleur. — Système en communication avec l'atmosphère ou système ouvert. Exclusion de toute élévation de pression autre qu'une pression hydrostatique, température maximum de l'eau : environ 100° C.

Force motrice, pour tous les chauffages à eau chaude : différence de densité des colonnes d'eau chaude et d'eau froide (voir tableau XXX suivant).

Variation en volume et poids d'un litre d'eau entre les températures 0 et 200°C.

TABLEAU XXX

| Température en degrés centigrades | 1 litre d'eau à + 4° devient en volume | Poids en kg. de 1 litre d'eau | Température en degrés centigrades | 1 litre d'eau à + 4° devient en volume | Poids en kg. de 1 litre d'eau |
|-----------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|
| 0° | 1,000117 | 0,99988 | 75° | 1,02572 | 0,97492 |
| 4 | 1,000000 | 1,00000 | 80 | 1,02891 | 0,97190 |
| 5 | 1,000008 | 0,99999 | 85 | 1,03222 | 0,96879 |
| 10 | 1,000264 | 0,99974 | 90 | 1,03571 | 0,96552 |
| 15 | 1,000852 | 0,99915 | 95 | 1,03933 | 0,96216 |
| 20 | 1,001741 | 0,99826 | 100 | 1,04312 | 0,95867 |
| 25 | 1,002897 | 0,99711 | 110 | 1,05119 | 0,95130 |
| 30 | 1,00430 | 0,99572 | 120 | 1,05993 | 0,94346 |
| 35 | 1,00582 | 0,99421 | 130 | 1,06936 | 0,93514 |
| 40 | 1,00771 | 0,99235 | 140 | 1,07949 | 0,92637 |
| 45 | 1,00981 | 0,99029 | 150 | 1,09030 | 0,91718 |
| 50 | 1,01196 | 0,98818 | 160 | 1,10179 | 0,90761 |
| 55 | 1,01434 | 0,98587 | 170 | 1,11395 | 0,89771 |
| 60 | 1,01692 | 0,98336 | 180 | 1,12678 | 0,88748 |
| 65 | 1,01961 | 0,98077 | 190 | 1,14026 | 0,87699 |
| 70 | 1,02263 | 0,97787 | 200 | 1,15438 | 0,86627 |

Dilatations d'autres liquides, en volume.

$$V_1 = V_0 (1 + 3Kt)$$

$$1 + 3Kt = 1 + at + bt^2 + ct^3 + dt^4$$

TABLEAU XXXI

| Coefficients | Ether | Alcool | Huile d'olive | Mercure |
|--------------|-----------------|---------------|---------------|-------------------|
| a | 0,001348906 | 0,000738923 | 0,000798 | 0,000181792 |
| b | 0,000006554 | 0,000010552 | - 0,000000773 | 0,00000000175 |
| c | - 0,00000034491 | 0,00000002481 | 0,00000008274 | 0,000300000035116 |
| d | 0,00000000338 | 0,00000000404 | - | - |

Dans son système, *Reck* accélère la circulation de l'eau en injectant des bulles de vapeur dans la colonne montante (colonne d'eau chaude), en employant une chaudière à vapeur marchant à une pression normale de 0,10 à 0,30 atm., au-dessus de la pression atmosphérique et injectant la vapeur de 1 à 3 m. en-dessous du niveau de l'eau dans le vase d'expansion.

Installation. — Foyer de chaudière à réservoir de combustible pour marche continue. Régulateur pour le maintien de l'eau à température constante.

Chaudière. — Libre et nue (sans maçonnerie) pour de petites installations; pour des installations plus importantes, avec maçonnerie. Multiplicité de formes, en fonte, en tôle ou en fer forgé.

Chaudière à marche continue à faible volume d'eau.

Chaudière à marche interrompue, à grand volume d'eau, comme réserve de chaleur. Thermomètre, robinet de vidange.

Pour des installations importantes : accouplement de plusieurs chaudières ou division en plusieurs installations centrales.

Emplacement de la chaudière dans la cave, le plus bas possible ; plus elle est placée bas, moins l'installation est coûteuse.

Surface de chauffe de la chaudière dégage 7.000 à 10.000 calories, par heure et par m².

Corps de chauffe. — Formes diverses, analogues aux formes employées dans le chauffage par vapeur à basse pression. Une faible contenance d'eau facilite leur réglage.

Chauffage par eau chaude, à basse pression, rendement de chaleur,
d'après Rietschel.

TABLEAU XXXII

| Surface de chauffe | Calories par heure et par m ² pour 1°C de différence de température entre l'eau et l'air de la pièce. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tuyau simple, horizontal ou vertical de 33 jusqu'à environ 150 mm. de diamètre extérieur | 11,5 à 9,5 |
| Tuyau en serpentín, jusqu'à 1 m. de haut. de 33 et plus de 33 mm. | 10,5 à 8,5 |
| Tuyau en serpentín, au-dessus de 1 m. haut. | 9 à 7,5 |
| Corps de chauffe cylindrique jusqu'à env. 2 m. haut. composé de 2 tuyaux concentriques, de 20 mm. d'écartement libre : | |
| Tuyau intérieur de 100 jusqu'au dessus de 300 mm. diam. | 9 à 8 |
| Tuyau extérieur de 120 jusqu'au dessus de 400 mm. | 3,5 |
| Tuyaux méplats composés de tuyaux horizontaux ou verticaux de 1 à 4 rangées | 8,5 à 6 |
| Corps de chauffe en plaques creuses sans ailettes, de 1 m. et plus de 1 m. haut | 8,5 à 7,5 |
| Radiateurs, écartement minimum des éléments 20 mm. : | |
| 1 élément | 8,5 |
| 2 à plus de 6 éléments | 7,5 à 6,5 |
| Caisse à ailettes, jusqu'à 9 m. 6 de haut, les ailettes verticales, écartement minimum 45 mm., hauteur des ailettes 20 à 60 mm. | 6,5 à 5 |
| Corps de chauffe à ailettes inclinées. Les éléments rangés horizontalement l'un sur l'autre. Ecartement minimum des ailettes, 14 mm. | 5 |
| Tuyaux à ailettes circulaires. Ecartement minimum des ailettes, 35 mm. | 5 |
| Corps de chauffe à ailettes, section circulaire, éléments superposés horizontalement. Ecartement minimum des ailettes 17 mm. : | |
| 1 tuyau | 4,5 |
| 3 à 6 tuyaux, les ailettes se pénétrant en partie | 4 à 3 |
| Corps de chauffe comme le précédent, section et ailettes ovales. Ecartement minimum des ailettes, 14 mm. : | |
| 1 tuyau | 6 |
| 3 à 6 tuyaux, les ailettes ne se pénétrant pas | 4,5 à 5 |
| Corps de chauffe à ailettes, section circulaire ou ovale, superposés horizontalement ; ailettes circulaires ou rectangulaires. Entrée de l'eau chaude par le milieu de chaque élément, chicane venue de fonte dans la partie médiane de chaque élément. Ecartement minimum des ailettes, 14 mm. : | |
| 1 tuyau | 4,5 |
| 3 à 6 tuyaux, les ailettes ne se pénétrant pas | 4 à 3 |

L'hypothèse que souvent on fait en pratique d'un rendement plus élevé des surfaces de chauffe placées aux étages supérieurs n'est nullement motivée, en calculant les installations à circulation d'eau uniforme. La variation de la température initiale de l'eau chaude n'est, dans les cas les plus défavorables, que de 1 à 2° C.

Réglage du rendement de chaleur — Central, en faisant varier la température de l'eau chaude ; locale, par des robinets de réglage accolés aux corps de chauffe sur le tuyau d'arrivée ou de retour.

Souvent des robinets sur ces 2 conduites.

Tuyauterie : 1° Distribution par le haut (fig. 9, page 43). Colonne montante partant du point le plus élevé de la chaudière, autant que possible verticalement, pour se rendre au point le plus élevé de l'installation où doit se trouver le vase d'expansion ; de là, descendant aux corps de chauffe et retournant à la chaudière, au point le plus bas. Entrée dans les corps de chauffe par le haut. Evacuation automatique de l'air par la conduite d'entrée de l'eau.

2° Distribution par le bas (fig. 10, page 43). Conduites principales de départ et de retour disposées dans la cave, les 2 conduites en pente vers la chaudière. Evacuation de l'air de purge à chaque corps de chauffe, ou mieux prolonger la conduite d'arrivée jusqu'aux combles (tuyau de 3"/8 à 1"/2), réunir les conduites d'évacuation d'air au réservoir d'expansion. Entrée de l'eau chaude dans les corps de chauffe par le haut.

Réservoir d'expansion à trop plein, entonnoir pour remplir ; si une conduite d'eau en pression existe, l'utiliser pour l'alimentation du Réservoir d'expansion. Robinet d'alimentation dans le local de chaudière, un tuyau ou appareil signalant le trop d'eau est à amener dans le local de chaudière ou bien, s'il existe un manomètre, dans le local de distribution.

Volume v du réservoir d'expansion, environ 3 fois plus grand que la dilatation du volume total de l'eau V .

$$v \text{ environ} = 0,1 V$$

Calcul du diamètre des conduites, ces conduites étant protégées contre le refroidissement par une enveloppe calorifuge.

Quantité de chaleur fournie : C , en calories, par heure.

$$C = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v \cdot \frac{\gamma' + \gamma''}{2} (t' - t'') 1.000 \times 3.600$$

Vitesse nécessaire de l'eau chaude : v , en mètres, par seconde.

$$v = \frac{C}{10.000} \cdot \frac{1}{273,65 d^2 (t' - t'')}$$

Equation de la vitesse d'eau à atteindre, à l'état normal :

$$h (\gamma'' - \gamma') = \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{\gamma' + \gamma''}{2} \left(l \frac{\rho}{d} + \Sigma (\xi) \right)$$

- d = Diamètre intérieur de la conduite, en mètre ;
- t' = température de l'eau arrivant au corps de chauffe ;
- t'' = » » » quittant le » » » ;
- γ' = densité de l'eau d'arrivée (voir tableau XXX, page 39) ;
- γ'' = » » de retour (» » » ») ;
- h = distance verticale, du niveau de l'eau dans la chaudière au milieu de la hauteur du corps de chauffe ;
- g = 9=81. Accélération due à la pesanteur ;
- l = longueur de la conduite en mètres ;
- ρ = coefficient de frottement ; d'après Weisbach

$$\rho = 0,01439 + \frac{0,0094711}{\sqrt{v}}$$

ξ = coefficients de résistance.

Ces derniers sont approximativement égaux aux coefficients de résistance relatifs au mouvement de l'air (voir Ventilation pages 68 et suivantes).

En outre, pour robinets de réglage à vanne $\xi_{\text{vane}} = 0,5$
 » » » à soupape $\xi_{\text{soupage}} = 1$
 pour fermeture de réglage $\xi_{\text{fermeture}} = 1,5$
 » corps de chauffe et chaudière $\xi_{\text{chauffe}} = 1$

Lorsqu'il s'agit de serpentins, la résistance par frottement est à déterminer particulièrement et à ajouter.

En employant les désignations ci-dessus et celles de la fig. 8, nous aurons :

v_1, v_2, v_3, V', V'' = vitesses de l'eau, en mètres, par seconde ;

d_1, d_2, d_3, D', D'' = diamètres intérieurs correspondants, en mètre ;

h_1, h_2, h_3 = distances verticales des corps de chauffe I, II, III, à la chaudière, en mètres ;

C_1, C_2, C_3 = quantités de chaleur à fournir en calories par heure ;

l_1, l_2, l_3, L', L'' = longueurs totales de la conduite des diamètres d_1, d_2 , etc. (somme des longueurs de conduites d'arrivée et de retour de l'eau), en mètres.

A chaque point où 2 courants d'eau se rencontrent (A_2, B_2 , fig. 8), et où ces courants se partagent (A_1, B_1 , fig. 8), la hauteur de colonne donnant la pression nécessaire à surmonter les résistances éprouvées dans le trajet vers la chaudière doit être égale.

Posons $\frac{l'' - l'}{l' + l''} = a$, nous aurons les

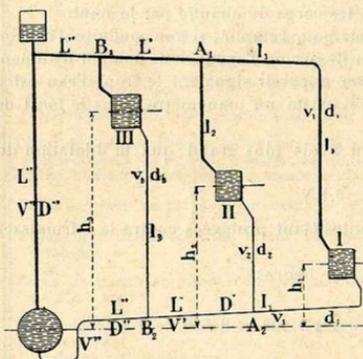


Fig. 8.

équations suivantes :

$$1) ah_1 = \frac{v_1^2}{2g} \left(l_1 \frac{\rho_1}{d_1} + \Sigma (\xi_1) \right) + \frac{V'^2}{2g} \underbrace{\left(L' \frac{\rho'}{D'} + \Sigma (\xi) \right)}_m + \frac{V''^2}{2g} \underbrace{\left(L'' \frac{\rho''}{D''} + \Sigma (\xi'') \right)}_n$$

$$1a) v_1 = \frac{C_1}{10.000} \cdot \frac{1}{275,67 d_1^2 (l' - l'')}$$

$$2) ah_2 = \frac{v_2^2}{2g} \left(l_2 \frac{\rho_2}{d_2} + \Sigma (\xi_2) \right) + m \frac{V'^2}{2g} + n \frac{V''^2}{2g}$$

$$2a) v_2 = \frac{C_2}{10.000} \cdot \frac{1}{275,67 d_2^2 (l' - l'')}$$

$$3) ah_3 = \frac{v_3^2}{2g} \left(l_3 \frac{\rho_3}{d_3} + \Sigma (\xi_3) \right) + n \frac{V''^2}{2g}$$

$$3a) v_3 = \frac{C_3}{10.000} \cdot \frac{1}{275,67 d_3^2 (l' - l'')}$$

Il faut partir du diamètre de conduite au corps de chauffe le plus défavorablement placé, (I) soit à la plus courte distance verticale de la chaudière et à la plus longue distance horizontale pour calculer les équations (1) et (2), la hauteur de colonne disponible pour surmonter les résistances dans les conduites principales.

En prenant d_1 fort, les conduites principales auront de petits diamètres, tandis qu'en cas contraire les raccords aux corps de chauffe deviennent faibles et les conduites principales grandes, ce qui est désavantageux au point de vue des frais d'installation. Voir tableau XXXIII pour le choix des points de départ du diamètre d_1 .

$$l' = 80 \text{ à } 90^\circ \text{ C. ; } l'' = 60 \text{ à } 70^\circ \text{ C.}$$

Plus est grande la différence de températures entre l'eau d'arrivée et l'eau de retour, plus les diamètres deviennent réduits, mais plus les surfaces de chauffe nécessaires deviennent grandes et inversement. Pour des installations très étendues horizontalement, le supplément en surface de chauffe sera plus que compensé par l'avantage de conduites moins coûteuses ; tandis que pour des constructions hautes, concentrées, de faibles différences de températures de l'eau à son arrivée et à son retour conduiront à une installation peu coûteuse (1).

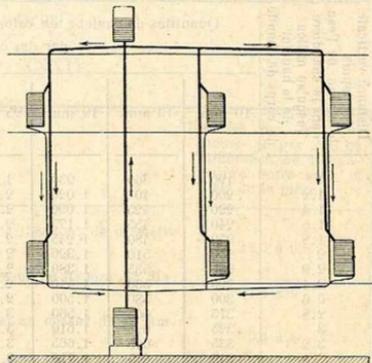


Fig 9. — Schéma d'une installation de chauffage par eau chaude à basse pression, distribution par le haut.

Diamètres approximatifs des conduites pour chauffage par eau chaude, d'après Birlo.

$$d = K \sqrt{\frac{C}{h^{0.4}}} \text{ en mètre,}$$

distribution par le haut $K = 0,00065$

» par le bas $K = 0,00060$

d = diamètre intérieur de conduite, en mètre ;

C = Rendement de chaleur du corps de chauffe, en calories par heure ;

h = distance verticale du niveau de l'eau dans la chaudière au milieu de la hauteur du corps de chauffe, en mètres.

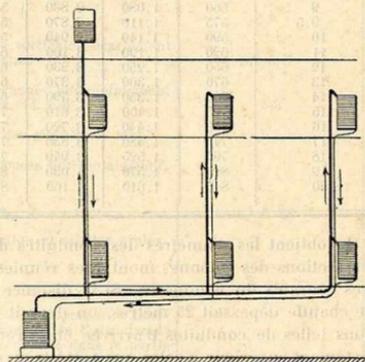


Fig 10. — Schéma d'une installation de chauffage par eau chaude à basse pression, distribution par le bas.

(1) Des tableaux détaillés et étendus, pour des calculs approximatifs, commodes de projets et d'exécution ont été établis par Rietschel « Théorie et Pratique de la détermination des diamètres de conduites de chauffage à eau chaude », 1897. R. Oldenbourg, éditeur, à Munich.

Chauffage par eau chaude, à basse pression. — Détermination approximative du diamètre à donner aux conduites.

TABLEAU XXXIII

| Distance verticale depuis le niveau de l'eau dans la chaudière jusqu'au milieu de la hauteur du corps de chauffe | Quantités de chaleur, en calories, apportées aux corps de chauffe par heure, par des conduites de diamètre de : | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 10 mm. | 13 mm. | 19 mm. | 25 mm. | 32 mm. | 38 mm. | 45 mm. | 51 mm. |
| 1 | 190 | 360 | 930 | 1.845 | 3.420 | 5.230 | 8.020 | 10.960 |
| 1.2 | 200 | 400 | 1.020 | 2.030 | 3.780 | 5.750 | 8.800 | 11.900 |
| 1.4 | 220 | 425 | 1.090 | 2.180 | 4.080 | 6.240 | 9.500 | 12.900 |
| 1.6 | 240 | 455 | 1.175 | 2.340 | 4.350 | 6.650 | 10.200 | 13.800 |
| 1.8 | 250 | 480 | 1.245 | 2.490 | 4.630 | 7.060 | 10.800 | 14.650 |
| 2 | 260 | 510 | 1.320 | 2.610 | 4.890 | 7.450 | 11.400 | 15.500 |
| 2.2 | 285 | 535 | 1.380 | 2.750 | 5.100 | 7.800 | 11.900 | 16.100 |
| 2.4 | 290 | 560 | 1.440 | 2.880 | 5.320 | 8.190 | 12.500 | 16.900 |
| 2.6 | 300 | 580 | 1.500 | 2.990 | 5.540 | 8.500 | 12.950 | 17.600 |
| 2.8 | 315 | 605 | 1.560 | 3.100 | 5.760 | 8.810 | 13.500 | 18.250 |
| 3 | 325 | 625 | 1.610 | 3.210 | 5.990 | 9.100 | 13.900 | 18.900 |
| 3.2 | 335 | 645 | 1.665 | 3.320 | 6.180 | 9.400 | 14.400 | 19.600 |
| 3.4 | 345 | 665 | 1.710 | 3.420 | 6.360 | 9.700 | 14.800 | 20.300 |
| 3.6 | 355 | 685 | 1.760 | 3.520 | 6.530 | 10.000 | 15.250 | 20.800 |
| 3.8 | 365 | 705 | 1.810 | 3.620 | 6.710 | 10.250 | 15.700 | 21.300 |
| 4 | 375 | 725 | 1.860 | 3.710 | 6.900 | 10.500 | 16.100 | 21.800 |
| 4.5 | 395 | 765 | 1.950 | 3.940 | 7.300 | 11.200 | 17.100 | 23.100 |
| 5 | 420 | 810 | 2.080 | 4.140 | 7.700 | 11.800 | 18.000 | 24.400 |
| 5.5 | 440 | 850 | 2.190 | 4.350 | 8.100 | 12.400 | 18.900 | 25.700 |
| 6 | 460 | 885 | 2.265 | 4.550 | 8.450 | 12.900 | 19.750 | 26.800 |
| 6.5 | 475 | 920 | 2.380 | 4.730 | 8.800 | 13.400 | 20.250 | 27.900 |
| 7 | 495 | 955 | 2.470 | 4.900 | 9.100 | 13.800 | 21.200 | 28.900 |
| 7.5 | 515 | 990 | 2.560 | 5.100 | 9.450 | 14.400 | 22.000 | 30.000 |
| 8 | 530 | 1.020 | 2.645 | 5.250 | 9.750 | 14.900 | 22.800 | 30.900 |
| 8.5 | 545 | 1.050 | 2.730 | 5.400 | 10.100 | 15.400 | 23.500 | 31.900 |
| 9 | 560 | 1.080 | 2.800 | 5.600 | 10.350 | 15.800 | 24.100 | 32.800 |
| 9.5 | 575 | 1.110 | 2.870 | 5.720 | 10.600 | 16.200 | 24.800 | 33.700 |
| 10 | 590 | 1.140 | 2.940 | 5.830 | 10.800 | 16.600 | 25.350 | 34.600 |
| 11 | 620 | 1.190 | 3.100 | 6.160 | 11.400 | 17.500 | 26.700 | 36.400 |
| 12 | 650 | 1.250 | 3.230 | 6.410 | 11.900 | 18.300 | 27.800 | 38.000 |
| 13 | 670 | 1.300 | 3.370 | 6.700 | 12.450 | 19.000 | 28.900 | 39.400 |
| 14 | 700 | 1.350 | 3.490 | 6.950 | 12.900 | 19.800 | 30.000 | 40.800 |
| 15 | 725 | 1.400 | 3.610 | 7.200 | 13.300 | 20.400 | 31.100 | 42.200 |
| 16 | 750 | 1.440 | 3.720 | 7.450 | 13.750 | 21.100 | 32.150 | 43.800 |
| 17 | 775 | 1.480 | 3.830 | 7.700 | 14.250 | 21.700 | 33.100 | 45.000 |
| 18 | 790 | 1.525 | 3.940 | 7.900 | 14.600 | 22.300 | 34.100 | 46.300 |
| 19 | 825 | 1.570 | 4.050 | 8.100 | 15.000 | 22.900 | 35.000 | 47.500 |
| 20 | 840 | 1.610 | 4.160 | 8.300 | 15.400 | 23.400 | 36.000 | 48.800 |

On obtient les diamètres des conduites de distribution et de retour en additionnant les sections des colonnes montantes réunies et les arrondissant pour arriver aux diamètres courants du commerce. Si la distance horizontale de la chaudière à certains corps de chauffe dépassait 25 mètres, on devrait prendre, pour ces corps de chauffe, des sections telles de conduites d'arrivée et de retour que le diamètre commercial soit immédiatement supérieur à celui qui a été trouvé.

Chauffage par eau chaude, à pression moyenne.

Système fermé. Température maximum de l'eau, environ 120° C. correspondant à une pression de 1 atm. env. au-dessus de la pression atmosphérique dans le réservoir d'expansion; soupape de sûreté.

Surface de chauffe de la chaudière. — 7.000 à 9.000 calories, par heure et par m² de surface touchée par les gaz brûlés.

Chauffage par eau chaude à pression moyenne. Rendement de chaleur, d'après Rietschel.

TABLEAU XXXIV

| Surface de chauffe | Calories par m ² , par heure et par 1°C de différence de température entre l'eau et l'air de la pièce. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tuyau simple, horizontal ou vertical d'environ 33 à 150 mm. de diamètre extérieur | 12,5 à 9,5 |
| Serpentins jusqu'à 1 m. de hauteur de 33 et au-dessus de 33 mm. de diamètre extérieur. | 11,5 à 9 |
| Serpentins au-dessus de 1 m. de hauteur de 33 et au-dessus de 33 mm. de diamètre extérieur. | 9,5 à 8 |
| Corps de chauffe cylindrique jusqu'à environ 2 m. de hauteur, composé de 2 tuyaux concentriques. Ecartement libre entre les 2 tuyaux : 20 mm. : Tuyau intérieur de 100 mm. à 300 mm. de diamètre | 9,5 à 8,5 |
| Tuyau extérieur de 120 mm. et au-dessus jusqu'à 400 mm. de diamètre | 3,5 |
| Tuyaux méplats composés de tuyaux horiz. ou verticaux de 1 à 4 rangées. | 9,5 à 6 |
| Corps de chauffe en forme de plaque creuse, sans ailettes, de 1 m. et au-dessus de 1 m. de hauteur | 9,5 à 8,5 |
| Radiateurs, écartement minimum des éléments, 20 mm. : 1 élément. | 9 |
| 2 à plus de 6 éléments. | 7,5 à 7 |
| Caisse à ailettes, jusqu'à 0,6 m. de hauteur, ailettes verticales, écartement minimum, 45 mm. Hauteur des ailettes, 20 à 60 mm. | 6,5 à 5 |
| Corps de chauffe à ailettes inclinées. Les éléments rangés horizontalement l'un sur l'autre. Ecartement minimum des ailettes, 14 mm. | 5,5 |
| Tuyau à ailettes circulaires. Ecartement minimum des ailettes, 35 mm. | 5,5 |
| Corps de chauffe à ailettes, section circulaire, superposés horizontalement. Ecartement libre minimum des ailettes, 17 mm. : 1 tuyau | 5 |
| 3 à 6 tuyaux, les ailettes se pénétrant en partie. | 4 à 3,5 |
| Corps de chauffe à ailettes, comme ci-dessus, à section et ailettes ovales. Ecartement minimum des ailettes, 14 mm. : 1 tuyau | 6,5 |
| 3 à 6 tuyaux, les ailettes ne se pénétrant pas | 5 à 4 |
| Corps de chauffe à ailettes, section circulaire ou ovale, superposés horizontalement. Ailettes rondes ou rectangulaires. Entrée de l'eau chaude par le milieu de chaque élément, chicane venue de fonte dans la partie médiane de chaque élément. Ecartement minimum des ailettes, 14 mm. : 1 tuyau | 5 |
| 3 à 6 tuyaux, les ailettes ne se pénétrant pas | 4 à 3,5 |

Pour les autres points, suivre ce qui a été indiqué relativement au chauffage par eau chaude à basse pression.

Le calcul exact des diamètres de conduite s'obtient comme dans le mode de chauffage

précédent et en conservant les mêmes désignations, sauf que pour trouver la vitesse nécessaire de l'eau, il faudra employer la formule :

$$v = \frac{C}{10,000} \cdot \frac{4}{267,48 d^2 (t' - t'')}, \text{ en mètres par seconde}$$

Avantages. — Consommation économique du combustible, surtout grande accumulation de chaleur dans les poêles, tout en ne donnant qu'une chaleur rayonnante peu élevée, moins élevée que dans tout autre mode de chauffage et par suite plus agréable.

Mode de chauffage sans danger, la pression de l'eau étant faible ; ainsi, l'exécution ayant été soigneusement faite, les réparations sont rares.

Désavantages. — Ce système donne lieu à une longue durée avant l'établissement de la chaleur de régime dans la pièce chauffée, aux risques de rupture par la gelée pendant les suspensions de chauffage, si l'on ne prend la précaution de vider l'eau, ou dans son emploi avec ventilation par air pris au dehors et amené autour des corps de chauffe ; à des frais assez élevés d'installation. Enfin, pour de grands hôpitaux où son emploi est le mieux indiqué, il faut plusieurs chaudières réparties dans la surface, la plus grande longueur de conduite depuis la chaudière jusqu'au corps de chauffe le plus éloigné ne devant pas dépasser 60 à 70 mètres.

Chauffage par eau très chaude à haute pression (Système Perkins).

Système fermé. — Tuyau sans fin, généralement ne dépassant pas 200 m. de longueur. Tuyaux en fer soigneusement soudé ou sans soudure, éprouvés à 150 atm.

Diamètre intérieur 15 ou 23 mm., épaisseur 5 à 6 mm., diamètre extérieur 25 ou 34 mm. généralement.

Température maximum de l'eau 150° C. environ, correspondant à 4 atm. de pression, au-dessus de la pression atmosphérique.

Chaudière composée des mêmes tuyaux repliés en serpentins plusieurs fois sur eux-mêmes et souvent formant réservoir de combustible. Accouplement de plusieurs serpentins dans le foyer. Manomètre, Thermomètre.

Pour déterminer le développement à donner aux serpentins composant cette chaudière, on se sert de la règle pratique : 4 m. courant serpentin diamètre extérieur 25 mm. ou 34 mm. peut céder par heure à l'eau qui le parcourt 540 cal ou 700 cal. Si C est la perte totale de chaleur à compenser par le chauffage, à la température extérieure la plus basse,

il faudra donner aux serpentins composant la chaudière un développement $L = \frac{C}{540}$

ou $\frac{C}{700}$, en mètres, suivant que le diamètre extérieur des tuyaux employés est 25 mm.

ou 34 mm.

La surface de la grille pour chauffage à la houille ou au coke sera $s = \frac{C}{30,000}$, en m².

Souvent, pour diamètre extérieur de tuyaux Perkins = 34 mm.

on prend $L = 0,0015 C$, en m. (serpentins de chaudière) ;

et $L = 0,001 C$, en m. (serpentins de chauffe) ;

en supposant que l'eau, au départ de la chaudière, est à 150° C de température et qu'elle y rentre à 80° C.

Plus la distance verticale entre les serpentins du foyer et les serpentins de chauffe est grande, plus peut être faible le développement des serpentins de chauffe, à cause de la température plus élevée que l'eau de retour conserve.



Vitesse nécessaire de l'eau.

$$v = \frac{C}{1.400(t' - t'')}, \text{ en mètres, par seconde}$$

$$L' = \frac{C}{0,6(t' + t'' - 60)}, \text{ en mètres}$$

Vitesse de l'eau à atteindre :

$$v = 0,00138 \sqrt{\frac{h(t'^2 - t''^2)}{\rho(L + L' + L'')}}}, \text{ en mètres par seconde.}$$

Densité moyenne admise pour l'eau en circulation = $1 - 0,000004 t^2$, en négligeant les résistances très faibles par rapport au frottement.

C = quantité de chaleur à fournir, en calories, par heure.

t' = température de l'eau en quittant le serpentin de foyer.

t'' = » » en revenant au » »

h = distance verticale du serpentin de foyer au serpentin de chauffage, en m., de milieu à milieu de hauteur.

ρ = coefficient de frottement = $0,01439 + \frac{0,0094711}{\sqrt{v}}$ (d'après Weisbach).

ρ est à choisir *a priori* d'après la vitesse d'eau nécessaire.

L'' = longueur des conduites de raccordement entre le serpentin de foyer et le serpentin de chauffage, en m.

t' prescrit ou à prendre = 150° .

t'' à estimer et à modifier après essais jusqu'à ce que la vitesse à atteindre soit au moins égale à la vitesse nécessaire.

Si la vitesse nécessaire pour $t'' = 80^\circ \text{C.}$, la valeur de h étant donnée, n'était pas atteinte, il faudrait recourir à une division du système de circulation primitivement admis accouplés.

La répartition du serpentin de chauffe dans différentes pièces est à faire pour une température moyenne extérieure de 0° ; quantité de chaleur nécessaire en calories : $\frac{C}{2}$



Fig. 11.

Lorsque cela est possible, le mieux est de faire passer dans chaque pièce une même longueur de conduite d'aller et de retour (fig. 11).

Réglage du rendement de chaleur par la variation de la température de l'eau. Élimination d'une partie du serpentin de chauffe, par mise hors du circuit, à l'aide de robinets à 3 voies ou par l'emploi d'enveloppes imperméables à la chaleur.

La tuyauterie n'est pas soumise à des règles spéciales; mais après le remplissage

d'eau de tout le système, il faut en extraire l'air complètement (ce qui s'obtient à l'aide d'une pompe refoulant l'eau à travers tout le système et la reprenant pour la renvoyer, travail qui dure 3 à 4 heures) par une pompe qui s'accolle au système au moyen d'un robinet spécial à 3 voies.

Disposition du vase d'expansion. — Soupape se soulevant pour livrer passage à l'excès de volume d'eau provenant de sa dilatation et autre soupape livrant passage à cette eau de dilatation aspirée lorsque le volume d'eau fait retraite sur lui-même. Ces 2 soupapes chargées dans le réservoir d'expansion contenant 1/2 du volume total d'eau. Ou, mieux encore, des tuyaux d'expansion de 60 à 70 mm. diamètre et de longueur totale = 1/50 à 1/60 de longueur du système de chauffage et remplis d'air en partie.

Pour Montage, voir page

Pour Application, voir page

Avantages. — Echauffement rapide des pièces. Frais d'installation moins élevés que dans le chauffage à basse pression.

Désavantages. — Peu de stabilité dans le chauffage faute d'accumulation de chaleur. Chauffage assez difficilement réglable suivant le besoin momentané. Par négligence dans les grands froids, il peut arriver que l'eau gèle dans les conduites.

On protège ces installations non seulement en mélangeant de l'alcool à l'eau, mais encore en employant au lieu d'eau une solution de chlorure de chaux à 25° Beaumé, ou de lessive-mère de sel de Stassfurt étendue de 2 à 3 fois son poids d'eau. Ces substances permettent un abaissement de température allant jusqu'à -15° C. sans geler.

Chauffage par l'air chaud.

Ici, l'air chaud, surtout lorsqu'il a été pris pur au dehors, n'a plus, comme dans les modes de chauffage précédents, à transmettre à travers une paroi métallique, à l'air des pièces, la chaleur qu'il contient; mais peut céder directement cette chaleur par son mélange avec l'air de la pièce.

Sous la dénomination de *chauffage par l'air chaud*, comme chauffage central, on comprend l'échauffement des pièces d'habitations par l'introduction d'air chauffé se mélangeant à l'air de la pièce.

Suivant que l'air refroidi sort ensuite à l'extérieur pour faire place à de l'air nouveau ou que cet air refroidi retourne à l'appareil de chauffage ou calorifère pour y être réchauffé de nouveau, on divise ce mode de chauffage en *chauffage par air chaud avec ventilation* et en *chauffage par air chaud avec circulation*.

Pour de très grandes pièces devant être ventilées, on prévoit la marche par chacun de ces systèmes, l'un précédant l'autre, dans le but de chauffer rapidement et économiquement par circulation, tant que la ventilation n'est pas nécessaire.

Cependant au point de vue de l'hygiène, et pour des pièces d'habitation ordinaires, le chauffage par air chaud avec circulation n'est pas recommandable et doit être évité le plus possible; il est d'ailleurs plus compliqué comme installation que le chauffage par l'air chaud avec ventilation.

Volume d'air chaud nécessaire (V).

$$V = \frac{C(1 + \alpha t)}{0,306(t' - t)}, \text{ en m}^3 \text{ par heure}$$

Si le volume d'air à employer est prescrit pour la ventilation, la température de cet air à son entrée est à calculer.

Température de l'air chaud entrant (t').

$$t' = \frac{C(1 + \alpha t)}{0,306 V} + t, \text{ en degrés C.}$$

t' maximum pour pièces habitées = 40° C.
 Si l'on trouvait t' plus élevé, il faudrait prendre V plus grand.
Quantité de chaleur nécessaire, pour le calcul de la surface de chauffe de l'appareil de chauffage :

$$C' = \frac{0.306 V (t' - t'')}{1 + \alpha t}, \text{ en calories par heure}$$

V = quantité d'air nécessaire de t' C. à la température extérieure la plus basse (-20° C.) en m^3 , par heure.

C = pertes de chaleur, dans la pièce à chauffer, à la température extérieure la plus basse (t''), en calories par heure.

C' = quantité de chaleur à fournir par l'appareil de chauffage, à la température extérieure la plus basse, en calories, par heure.

t = température à maintenir dans la pièce, en degrés C.

t' = » de l'air chaud à son entrée dans la pièce à chauffer, en degrés C.

t'' = température de l'air arrivant à l'appareil de chauffage en degrés C.

$$\alpha = \frac{1}{273};$$

$(1 + \alpha t)$. Voir tableau XXXV ci-dessous.

Volumes V de l'air aux températures de -25 à $+50^{\circ}$ cent. et valeurs de $\frac{1}{1 + \alpha t}$

TABLEAU XXXV

| Tempé- ratures en degrés centigr. | Volume V | | Tempé- ratures en degrés centigr. | Volume V | | Tempé- ratures en degrés centigr. | Volume V | |
|-----------------------------------------------|------------------|--------------------------|-----------------------------------------------|------------------|--------------------------|-----------------------------------------------|------------------|--------------------------|
| | $= 1 + \alpha t$ | $\frac{1}{1 + \alpha t}$ | | $= 1 + \alpha t$ | $\frac{1}{1 + \alpha t}$ | | $= 1 + \alpha t$ | $\frac{1}{1 + \alpha t}$ |
| -25 | 0,9082 | 1,1010 | + 1 | 1,0037 | 0,9964 | +26 | 1,0953 | 0,9130 |
| -24 | 0,9119 | 1,0966 | 2 | 1,0073 | 0,9927 | 27 | 1,0990 | 0,9100 |
| -23 | 0,9156 | 1,0922 | 3 | 1,0110 | 0,9881 | 28 | 1,1026 | 0,9069 |
| -22 | 0,9193 | 1,0878 | 4 | 1,0147 | 0,9856 | 29 | 1,1063 | 0,9039 |
| -21 | 0,9229 | 1,0834 | 5 | 1,0183 | 0,9820 | 30 | 1,1100 | 0,9009 |
| -20 | 0,9267 | 1,0791 | 6 | 1,0220 | 0,9785 | 31 | 1,1136 | 0,8980 |
| -19 | 0,9304 | 1,0749 | 7 | 1,0257 | 0,9750 | 32 | 1,1173 | 0,8950 |
| -18 | 0,9340 | 1,0706 | 8 | 1,0293 | 0,9715 | 33 | 1,1210 | 0,8921 |
| -17 | 0,9377 | 1,0664 | 9 | 1,0330 | 0,9681 | 34 | 1,1246 | 0,8892 |
| -16 | 0,9414 | 1,0623 | 10 | 1,0367 | 0,9647 | 35 | 1,1283 | 0,8863 |
| -15 | 0,9450 | 1,0582 | 11 | 1,0403 | 0,9613 | 36 | 1,1319 | 0,8834 |
| -14 | 0,9487 | 1,0541 | 12 | 1,0440 | 0,9579 | 37 | 1,1356 | 0,8806 |
| -13 | 0,9524 | 1,0500 | 13 | 1,0477 | 0,9545 | 38 | 1,1393 | 0,8778 |
| -12 | 0,9560 | 1,0460 | 14 | 1,0513 | 0,9512 | 39 | 1,1429 | 0,8750 |
| -11 | 0,9597 | 1,0420 | 15 | 1,0550 | 0,9479 | 40 | 1,1466 | 0,8722 |
| -10 | 0,9634 | 1,0380 | 16 | 1,0587 | 0,9446 | 41 | 1,1503 | 0,8694 |
| -9 | 0,9670 | 1,0341 | 17 | 1,0623 | 0,9414 | 42 | 1,1539 | 0,8667 |
| -8 | 0,9707 | 1,0302 | 18 | 1,0660 | 0,9381 | 43 | 1,1576 | 0,8639 |
| -7 | 0,9744 | 1,0263 | 19 | 1,0696 | 0,9349 | 44 | 1,1613 | 0,8611 |
| -6 | 0,9780 | 1,0225 | 20 | 1,0733 | 0,9317 | 45 | 1,1649 | 0,8584 |
| -5 | 0,9817 | 1,0187 | 21 | 1,0770 | 0,9285 | 46 | 1,1686 | 0,8557 |
| -4 | 0,9853 | 1,0149 | 22 | 1,0806 | 0,9254 | 47 | 1,1723 | 0,8531 |
| -3 | 0,9890 | 1,0111 | 23 | 1,0843 | 0,9223 | 48 | 1,1759 | 0,8504 |
| -2 | 0,9927 | 1,0074 | 24 | 1,0880 | 0,9192 | 49 | 1,1796 | 0,8478 |
| -1 | 0,9963 | 1,0037 | 25 | 1,0916 | 0,9161 | 50 | 1,1833 | 0,8451 |
| 0 | 1,0000 | 1,0000 | | | | | | |

Cette section, pour le volume d'air V , est à admettre à la température extérieure la plus basse, lorsqu'elle est plus grande que la section nécessaire trouvée.

Application. Voir page 59.

Chauffage par air chaud, avec circulation. Vitesses approximatives de l'air chaud dans les canaux verticaux, en mètres, par seconde.

TABLEAU XXXVIII

| Différence de température en degrés C | Hauteur du canal, en mètres | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| 70° | 1.35 | 1.65 | 1.85 | 2.05 | 2.25 | 2.40 | 2.55 | 2.70 | 2.80 | 2.90 | 3 » | 3.10 | 3.20 | |
| 65 | 1.30 | 1.60 | 1.80 | 2 » | 2.15 | 2.30 | 2.45 | 2.60 | 2.70 | 2.80 | 2.90 | 3 » | 3.10 | |
| 60 | 1.25 | 1.55 | 1.75 | 1.95 | 2.10 | 2.25 | 2.40 | 2.50 | 2.60 | 2.70 | 2.80 | 2.90 | 3 » | |
| 55 | 1.10 | 1.40 | 1.60 | 1.80 | 1.95 | 2.10 | 2.25 | 2.35 | 2.45 | 2.55 | 2.65 | 2.75 | 2.80 | |
| 50 | 1 » | 1.30 | 1.50 | 1.65 | 1.80 | 1.95 | 2.10 | 2.20 | 2.30 | 2.40 | 2.50 | 2.60 | 2.65 | |
| 45 | 0.85 | 1.15 | 1.35 | 1.50 | 1.65 | 1.80 | 1.90 | 2 » | 2.10 | 2.20 | 2.30 | 2.40 | 2.50 | |
| 40 | 0.80 | 1.10 | 1.30 | 1.45 | 1.60 | 1.70 | 1.80 | 1.90 | 2 » | 2.10 | 2.20 | 2.30 | 2.40 | |
| 35 | 0.65 | 0.95 | 1.15 | 1.30 | 1.45 | 1.55 | 1.65 | 1.75 | 1.85 | 1.95 | 2.05 | 2.15 | 2.20 | |
| 30 | 0.45 | 0.75 | 1 » | 1.15 | 1.30 | 1.40 | 1.50 | 1.60 | 1.70 | 1.80 | 1.85 | 1.95 | 2 » | |

Ce tableau donne les vitesses de l'air que l'on peut atteindre dans les canaux verticaux, amenant l'air aux pièces à chauffer, il correspond, toutes circonstances égales au tableau XVI, relatif au chauffage par l'air chaud avec ventilation, page 93.

Avantages. — Installation peu coûteuse, fonctionnement économique, arrivée d'air active pendant le chauffage; convient à de grandes salles, à des locaux très vastes aussi bien qu'à des habitations de famille.

Désavantages. — Chauffage de peu d'étendue en direction horizontale: au maximum 10 à 12 mètres pour les pièces de rez-de-chaussée et 12 à 15 mètres pour les pièces de l'étage supérieur, ce qui fait qu'en l'appliquant à de grands édifices l'emploi de plusieurs calorifères est nécessaire. Dépendance de la ventilation et du chauffage; par suite, le volume d'air de ventilation devient d'autant plus faible que le chauffage est plus réduit, bien que la ventilation doive rester uniforme. Dans les bâtiments déjà construits, l'installation de ce mode de chauffage est le plus souvent impossible par l'impossibilité de pratiquer les canaux d'air chaud nécessaires.

Chauffage à vapeur par eau chaude.

Chauffage de l'eau par la vapeur et transmission de la chaleur de l'eau à la pièce par chauffage local au moyen de corps de chauffe. Utilisation de l'eau de condensation retenue pour réserve de chaleur.

Régulation du rendement de chaleur par variation d'étendue de la surface de chauffe obtenue en faisant varier le niveau de l'eau chaude dans le corps de chauffe. La surface

au-dessus du niveau de l'eau, agit comme surface de chauffe par la vapeur. Rarement application de serpentins à vapeur noyés dans l'eau.

Chauffage central à vapeur par eau, l'eau étant chauffée au moyen de serpentins à vapeur en cuivre ou en laiton. Rarement par mélange direct de vapeur et d'eau.

Calcul de la tuyauterie et de la surface de chauffe locale comme dans le chauffage par eau à basse pression.

Rendement de chaleur des serpentins à vapeur chauffant l'eau :

800 à 1.000 calories par m², par heure et par degré C. de différence de température.

En moyenne :

Vapeur à basse pression : 15.000 cal. par heure et par m².

» à haute pression : 35.000 » » » » »

Appareils à eau chaude, à grand volume d'eau, pour marche avec interruptions ; à faible volume d'eau, pour marche continue et réglage automatique de la température de l'eau de chauffage.

Chauffage à vapeur à basse pression par vapeur à haute pression est rarement appliqué dans le chauffage. Il est employé pour le retour automatique de l'eau de condensation par la pression de la vapeur, si la pente naturelle fait défaut.

Chauffage par canaux.

Canaux de fumée en fonte ou terre cuite noyés dans le sol (sol en maçonnerie) des pièces à chauffer ; s'emploie pour chauffage d'églises, de serres.

Tuyaux en fonte, généralement nervée, placés librement dans des rigoles pratiquées dans le sol, couverture par des panneaux en fonte ajourée, des plaques recouvrent la surface de chauffe pour la protéger contre des souillures.

Conduite des canaux en forme de serpent, ou mieux en rangées parallèles ou encore suivant des rayons venant se réunir vers le centre au canal collecteur des gaz à la cheminée. Autant que possible, ces canaux doivent être ascendants dans la direction de l'écoulement.

Rendement de chaleur : Tuyaux en terre cuite 800 à 1.000 cal. par heure et par m².
» à ailettes 1.100 à 1.200 cal. par heure et par m².

Surface de grille : $S = \frac{C}{20.000}$, en m².

Section de canal : $s = \frac{S}{2}$ environ.

Section de la cheminée : $s' = \frac{S}{4}$ environ.

C = chaleur à transmettre pour température extérieure la plus basse (— 20° C.), en calories par heure.

La cheminée doit être pourvue d'un foyer d'appel.

Chauffage par le plancher.

Surfaces de chauffe par vapeur ou par eau chaude dans des espaces creux en dessous du sol des pièces à chauffer.

Plancher en dalles, sans construction en fer ; béton, dalles en ciment, en marbre.

Température du plancher $t_0 = t + \frac{C}{6S}$, en degrés C.

C = Quantité de chaleur à fournir à la pièce chauffée pour compenser ses pertes, en calories, par heure à la température extérieure la plus basse (-20°C).

S = surface chauffée du plancher, en m^2 .

t = température à entretenir dans la pièce chauffée, en degrés C.

Température du plancher :

$$t_0 \text{ maximum} = 30 \text{ à } 35^\circ\text{C}.$$

Outre ce chauffage, il est bon d'y adjoindre un chauffage local ou de réduire le plus possible les pertes de chaleur par le mode de construction des parois des pièces chauffées, afin qu'elles deviennent minimales.

Surface de chauffe dans le sol S'.

$$S'_1 = \frac{0,18 C}{T_1 - T_2}, \text{ en } \text{m}^2, \text{ pour surface de chauffe en fonte lisse.}$$

$$S'_2 = \frac{0,207 C}{T_1 - T_2}, \text{ en } \text{m}^2, \text{ pour surface de chauffe en fonte nervée.}$$

$$T_2 = 2t_0 - t + \frac{6\delta}{\lambda} (t_0 - t), \text{ en degrés C.}$$

T_1 = température de la vapeur ou de l'eau chaude employée au chauffage, en degrés C.

T_2 = température de l'air dans la chambre de chauffe, sous le plancher, en degrés C.

δ = Epaisseur du plancher, en mètre.

λ = Coefficient de conductibilité interne de la matière dont est formée la surface de chauffe du plancher (tableau V, page 10).

Réglage difficile, par suite de la grande puissance d'accumulation de chaleur positive ou négative de la matière formant surface de chauffe du plancher.

Espace creux recevant la surface de chauffe métallique doit être accessible, en cas de réparation, ou les tuyaux doivent pouvoir être sortis. Rarement emploi de tuyaux fixes noyés dans du béton; alors surface de chauffe et espace creux plus restreints, mais réparations impossibles, ce qui doit être rejeté.

Application. — Voir: Choix du système de chauffage, page 59.

Chauffage par le gaz.

Chauffage par le gaz d'installations centrales existantes. Poids spécifique du gaz par rapport à l'air 0,38 à 0,48.

Flamme éclairante ou flamme bleue (Bec Bunzen = 1 partie de gaz + 2 parties d'air) produisent à égale quantité de gaz consommé une égale quantité de chaleur.

Flamme éclairante produit de la suie au contact de surfaces froides; néanmoins on la préfère souvent, pour le chauffage, aux bacs Bunzen à cause du réel danger de retour en arrière, dans le tube de mélange, que présentent les bacs Bunzen brûlant à flamme bleue. Pression du gaz réduite par fermeture, changement de rapport du mélange d'air et de gaz. Refoulement de la flamme en arrière se produit par l'introduction d'une trop grande quantité d'air. Rapport de l'air au gaz plus grand que 5.

Gaz d'éclairage explosible par mélange de 25 à 5 volumes p. 0/0 de gaz avec 75 à 95 volumes p. 0/0 d'air, le plus détonnant de ces mélanges correspond à 85 à 90 p. 0/0 d'air

1 m^3 de gaz d'éclairage fournit 5.000 à 5.500 calories.



Air de combustion. — 8 à 10 m³ par mètre cube de gaz d'éclairage. — 5,5 m³ d'air sont nécessaires pour la combustion complète.

Poêles de faible volume. Utilisation la meilleure du gaz par faible écartement des surfaces absorbant la chaleur dégagée, canaux en forme de fentes.

Emploi fréquent de poêles en forme de cheminées, à réflecteur et flamme éclairante, qui ajoute l'effet de sa chaleur rayonnante.

Evacuation des gaz brûlés; tenir compte des condensations produites. Emploi de tôle plombée dans la construction du canal d'évacuation; vases pour recevoir la condensation à chaque commencement de chauffage. — 1 m³ de gaz brûlé fournit 1,1 kg. de vapeur d'eau.

Température d'évacuation des gaz brûlés 70 à 90° C. pour entraîner sûrement l'eau de condensation à l'état de vapeur, en marche continue. *Veilleuse* brûlant constamment pour éviter les explosions.

Utilisation de la chaleur produite. — Environ jusqu'à 85 p. 0/0, en service ordinaire.

Application. — Voir: Choix du système de chauffage, page 59.

Chauffage par l'électricité.

Transformation du courant électrique en chaleur par l'intermédiaire de résistances apportées au courant par des fils métalliques.

Force électromotrice du courant mesurée en Volts (Tension);

Intensité du courant mesurée en Ampères (Quantité);

Produit Volt \times Ampère = Watt (Puissance).

$$1.000 \text{ watts} = 1 \text{ kwatt.}$$

$$\frac{\text{Nombre de Watts}}{736} = \text{Travail effectif en chevaux-vapeur (IP).}$$

Calcul et rendement du courant, en kwatts, par heure = Nombre de kwatts fournis par heure.

Quantité de chaleur. — 1 kwatt, par heure = 864 cal., par heure, correspondant à l'effet utile de 1,36 IP pendant 1 heure.

Pour 1.000 calories par heure, il faut prévoir à l'installation centrale électrique (eau ou vapeur) un emprunt d'environ 2 IP.

Corps de chauffe. — Fils métalliques, portés à la chaleur rouge, tendus sur des isolateurs en amiante ou en mica, ou mieux: résistances couchées dans des isolateurs.

Exécution usuelle: pour température de la surface supérieure à environ 200° C. Pourrait être appliqué aussi au chauffage par eau chaude à basse pression par l'électricité.

Application, voir page 59.

Chauffage à grande distance.

Opportun pour d'importants groupes de maisons en communication avec des installations centrales pour lumière et force.

Chaudières à haute pression communes. Condition principale d'un bon rendement: le bon isolement par revêtement calorifuge des longues conduites devant amener la vapeur à grande distance. Diamètre suffisant des conduites de vapeur, mais pas d'excès.

Etablissement avec légère pente des conduites dans le sens du courant et purge automatique de distance en distance. Eviter les coudes et les déviations à trop faible rayon. Prévoir des conduites de réserve. Faible surchauffe de la vapeur avant son départ.

3. — Conduites. Montage des tuyaux.

Tuyaux. — Tuyaux en fer étirés, le plus souvent soudés par rapprochement des bords suivant une génératrice (tuyaux à gaz, à eau et à vapeur). Désignation des tuyaux d'après leur diamètre intérieur, en pouces anglais, depuis 1¹/₈ (6 mm.) jusqu'à 4¹/₂ (106,5 mm.). Longueur normale de ces tuyaux 4 à 5 mètres, filets de vis à chaque extrémité, pas de vis pour tuyaux à gaz ; livrés avec 1 manchon vissé à l'un des bouts.

Tubes bouilleurs, en fer forgé, étirés et soudés par recouvrement. Désignation d'après diamètre extérieur de 1¹/₂ (38 mm.) à 12¹/₂ (318 mm.) en pouces anglais. Longueur normale 4 à 5 mètres. Appliqués à chaudières tubulaires, chauffages. Généralement assemblés par joints à brides.

Tuyaux Perkins, spéciaux aux chauffages par eau chaude à haute pression, soudés ; désignation d'après leur diamètre intérieur 15 mm. et 23 mm., diamètre extérieur 25 mm. et 34 mm.

Tubes en fer soudé en spirale, soudure visible ; désignation d'après diamètre extérieur de 157 mm. à 622 mm., épaisseur de parois 2 mm. à 6 mm. Longueur normale 5 à 10 mètres.

Tubes sans soudure, en acier, obtenus au laminoir Mannesmann. Désignation d'après diamètre intérieur de 1¹/₂ (25,4 mm.) à 6 pouces anglais (152 mm.). Longueur normale 6 mètres. Tuyaux filetés extérieurement aux extrémités et raccordement par manchon.

Pièces de raccordement soudées.

Tuyaux en tôle rivés, matés ou soudés à la soudure forte.

Pour conduites à basse pression : 60 à 500 mm. diamètre intérieur, longueur normale 3 à 4 mètres. Assemblage à brides.

Tuyaux en fonte pour chauffages, assemblage à brides. Longueur normale 2 à 3 mètres.

Tubes en cuivre et en laiton, de 3 à 250 mm. diamètre intérieur. Longueur normale pour tubes étirés et laminés, env. 5 mètres, pour tubes soudés à la soudure forte env. 4 mètres.

Pièces de raccordement et d'assemblage. — Pour raccordement fileté, pièces en fer soudé ou en fonte malléable. Désignation d'après les diamètres intérieurs de tuyaux.

Pour raccordements à mouffle, pièces en fonte malléable filetées.

Joint à manchon fileté pour tuyaux en fer jusqu'à 2¹/₂ (57,5 mm.) de diamètre ; exceptionnellement aussi, pour des diamètres plus grands. En taraudant les pas de vis légèrement coniques, et en employant exclusivement du minium, sans chanvre, pour faire le joint ; le manchon à filets droits, lorsque les taraudages ont été bien faits, donne un très bon joint.

Des manchons tournés ou fraisés aux extrémités et à contre-écrous sont inutiles. Les contre-écrous sont plutôt à employer pour joints à filets à gauche et à droite, à cause de la possibilité d'inégalité du siège des deux côtés.

Pour joints à pas de vis allongé, les contr'écrous sont indispensables.

Le joint par rondelle en cuivre rouge pincée entre les 2 extrémités de tuyaux à raccorder, serré par manchon à filet à droite et à gauche, n'est pas recommandable. Si le joint ne se fait pas dans les filets de vis, comme dans le manchon à filets droits, mais seulement par la pression produite sur la rondelle de cuivre par les extrémités des 2 tuyaux à raccorder, ce joint non élastique se disloque à la suite des dilatations, des contractions, flexions latérales, etc. Finalement pression dans les pas de vis et sur la rondelle de cuivre se perdent avec l'étanchéité du joint.

Joint Perkins. — Fer sur fer, sans intermédiaire. Filets de vis à gauche et à droite ; bout de l'un des tuyaux fraisé et formant une arête circulaire vive s'appuyant contre

l'extrémité fraisée plate de l'autre tuyau donne un joint très bon. S'applique aux conduites du chauffage par eau chaude à haute pression.

Joint à brides. — Pour conduites à basse pression : toile métallique et minium. Pour brides tournées, minium seul.

Pour conduites à haute pression : rondelle en cuivre avec accessoire élastique.

Brides mobiles permettant toute inclinaison des collets d'embranchements.

Fixage et suspension des tuyaux. — *Fixage mobile* pour permettre la dilatation en longueur.

Fixage vertical. — Crochets, pour de petits diamètres ; colliers s'ouvrant en 2 parties, pour de plus grands diamètres.

Support horizontal, sur consoles ; repos sur galets, dans des colliers ou crochets mobiles.

En fixant la conduite par un point, on dirige sa dilatation de chaque côté de ce point fixe.

Dans la traversée des murs, cloisons, etc., recouvrir la conduite par un manchon en tôle ou une corde en matière calorifuge. Eviter les joints dans les murs.

Compensateurs. — Disposition élastique pour compenser la dilatation linéaire des conduites ; pour des conduites rectilignes, à en placer tous les 25 à 50 mètres ; la conduite est suffisamment élastique lorsqu'elle comprend plusieurs courbes.

Les presse-étoupes, comme compensateurs, ne sont pas à recommander, surtout pour vapeur à haute pression ; il y a manque d'élasticité pour ramener les parties du presse-étoupes pendant le retrait des conduites et collage de ces parties par la chaleur.

Compensateurs en forme de lyre, en cuivre, à monter tendus. Rayon à donner aux courbures de ces compensateurs : 8 à 10 fois le diamètre des tuyaux.

Pour tuyaux de 90 mm. de diamètre intérieur et au-dessus, il est bon de diviser la section et de la répartir entre plusieurs tuyaux parallèles d'égale section totale.

Membranes en forme d'assiette ou en tôle ondulée pour compensateurs de dilatation ; diamètre du rebord rivé 2 à 3 fois le diamètre du tuyau.

Si les conduites sont suspendues par des tringles et qu'elles comprennent de grands coudes formant ressorts, les compensateurs sont superflus.

Pente à donner aux conduites. — Chauffage à eau chaude, environ 5 à 10 mm. par mètre courant, ascensionnelle dans le sens du courant, à l'aller, et descendant vers la chaudière, au retour.

Pour conduites de vapeur et de retour d'eau de condensation, si la vapeur et l'eau circulent dans le même sens : 5 à 10 mm. Si les directions de la vapeur et de l'eau sont de sens opposé, pour chauffage par vapeur à basse pression : 33 à 100 mm. par mètre courant.

Longues conduites de vapeur à disposer en crémaillère fig. 12, en prenant soin de disposer un purgeur automatique à chaque dent *a*.

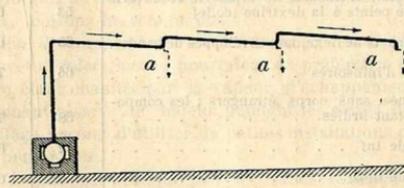


Fig. 12.

Eviter dans les conduites d'eau chaude la forme en dos d'âne, si cela n'est pas possible, un tuyau vertical de purge d'air est à disposer au point le plus élevé de la conduite.

Pression d'essai, après que le montage est terminé :

Conduites de chauffage à eau, essai à froid jusqu'à 5 atm. dans la chaudière. Pour les chauffages à eau, à haute pression, jusqu'à 150 atm. à l'aide d'une pompe.

Pour les chauffages à vapeur à basse pression : pression de vapeur jusqu'à 0,5 atm. au-dessus de la pression atmosphérique.

Chaudière à vapeur, pour marche à basse pression, à essayer par le constructeur à env. 5 atm. de pression d'eau.

Peinture après l'essai. — Peinture au minium.

Après l'essai en pression des conduites, serrer les boulons des joints à brides.

Par motif économique, puisque de plus grandes quantités de vapeur peuvent être transportées avec un moindre déchet, par une même conduite, il est indiqué de couvrir les conduites de vapeur par un revêtement calorifuge.

Le tableau XXXIX donne les résultats d'expériences faites sur des conduites recouvertes de diverses matières calorifuges.

Résultats économiques obtenus par l'emploi de revêtements en diverses matières calorifuges.

TABLEAU XXXIX

| Nature du revêtement calorifuge | Economie de chaleur en p. 0/0 du rendement de chaleur du tuyau nu, pour une épaisseur de revêtement de : | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
| | 15 mm. | 20 mm. | 25 mm. | 30 mm. |
| Corde de paille et argile | 31 | 36 | 40 | 43 |
| Cordon d'amiante battu avec remplissage de filaments d'amiante. | 41 | 44 | 46 | 48 |
| Terre siliceuse avec déchets de cuir. | 41 | 43 | 44 | 45 |
| Terre siliceuse avec déchets d'éponges, recouverts d'une bande enroulée peinte en noir | 52 | 56 | 58 | 60 |
| id., plaqué sur le tuyau et non peint. | 57 | 60 | 63 | 65 |
| Gaine en amiante, remplie de terre siliceuse. | 54 | 58 | 60 | 61 |
| Douves à nervures portant sur le tuyau, en terre siliceuse (laissant de l'air emprisonné dans espaces creux) | 57 | 61 | 63 | 64 |
| Terre siliceuse avec malt et déchets de brasserie recouverts d'une bande enroulée peinte à la dextrine (colle) | 53 | 61 | 67 | 72 |
| Terre siliceuse avec déchets de liège, non enveloppés de bandes. | 65 | 69 | 72 | 74 |
| Terre siliceuse, débris d'infusoires | 66 | 70 | 73 | 75 |
| Terre siliceuse calcinée, sans corps étrangers ; les compo- sants organiques s'étant brûlés. | 68 | 74 | 77 | 80 |
| Coquilles, ou douves de tuf | 62 | 67 | 70 | 72 |
| » » de liège. | 56 | 65 | 71 | 76 |
| Soie brute. — Capitonnage de soie avec couche d'air, confec- tionné par des bandes de toile à surface striée enroulées sur le tuyau. Couche d'air emprisonné, environ 30 p. 0/0 de l'épaisseur totale du revêtement | 73 | 76 | 78 | 79 |
| Soie brute. — Capitonnage de soie sans couche d'air, en forme de tube en toile, avec remplissage de soie | 73 | 76 | 78 | 79 |

Frais d'installation de chauffage centraux, sans les travaux de maçonnerie, etc.

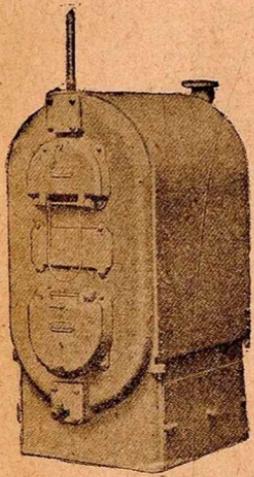
TABLEAU XXXX

| Systèmes de chauffage | Edifices | Volume intérieur des pièces chauffées ramené à 40°C de différence de température | Frais d'installation par 100 mètres cubes | | Frais d'installation par 100 calories | | Pertes de chaleur par 1 m ³ de volume pour 40°C de différence de température | | Nombre d'installations |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------|
| | | | Limite maximum | moyens | Limite maximum | moyens | Limite maximum | moyennes | |
| | | mètres cubes | fr. | fr. | fr. | fr. | calories | calories | |
| Chauffage par eau chaude à basse pression. | Edifices d'administration. | 3.000 à 8.000 m ³ . | 400 à 590 | 495 | 11,75 à 28,25 | 20 | 20 à 47 | 27,2 | 8 |
| | Tribunaux. Prisons. | 10.000 à 26.000 m ³ . | 330 à 420 | 375 | 16,25 à 23,12 | 19,68 | 18,2 à 23 | 20 | 6 |
| Chauffage par calorifère à air chaud, à feu direct. | Ecotes. | 9.000 à 10.000 m ³ . | 200 à 250 | 225 | 4,1 à 8 | 6,05 | 30,9 à 51,1 | 41 | 2 |
| Chauffage par eau chaude à haute pression. | Palais de justice. Maison de correction | 2.000 à 60.000 m ³ . | 200 à 265 | 232,5 | 8,35 à 10 | 9,18 | 20 à 31,8 | 24,9 | 3 |
| Chauffage par vapeur à basse pression. | Observatoire météorologique. | 3.000 m ³ . | » | 906 (1) | » | 32,25 (1) | » | 28 | 1 |
| Chauffage à eau chaude par vapeur. | Tribunal. | 7.000 m ³ . | » | 375 | » | 18,75 | » | 20 | 1 |

(1) Conduites de vapeur et de retour d'eau de condensation en cuivre ; avec tuyauterie en fer, on compte 300 à 500 francs de frais d'installation par 100 m³ de volume intérieur de pièces chauffées à 40°C au-dessus de la température extérieure.

CHAUDIÈRES STREBEL

A ÉLÉMENTS A FLAMMES RENVERSÉES



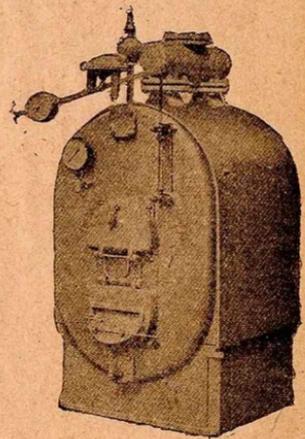
Vue extérieure de la chaudière à eau chaude

Les plus
rationnelles
Les plus
économiques

Eau chaude
26 grandeurs

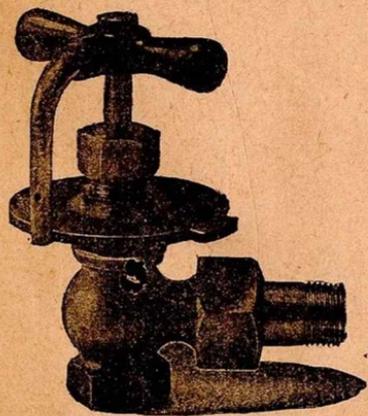
Vapeur
32 grandeurs

CATALOGUES FRANCO



Vue extérieure de la chaudière à vapeur, série A.

ACCESSOIRES

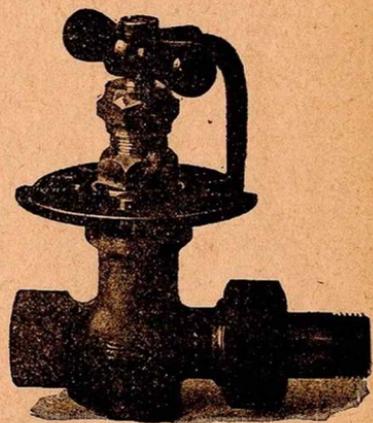


ROBINETTERIE

Eau chaude

Vapeur

PURGEURS



R.-O. MEYER, 149-151, rue de Rome, **PARIS** (17^e)

TÉLÉPHONE : 551-64.



ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : **ROMEYER-PARIS.**



F. 8. CHAUFFAGE ET VENTILATION

F. 15

AIDE-MÉMOIRE

Pratique

de

L'INGÉNIEUR

J. LOUBAT & C^{ie}

15, boulevard Saint-Martin
PARIS

T. 285-21

ÉCOLE SPÉCIALE DE TRAVAUX PUBLICS

ÉCOLE PRATIQUE DES INGÉNIEURS DES TRAVAUX

12, Rue du Sommerard et 3, rue Thénard (Boulevard Saint-Germain), PARIS

C^{ie} FSE POUR L'ÉPURATION ET LA FILTRATION DES EAUX

Exploitation des Brevets et Procédés GAILLET et DECLERCQ

LILLE — 39, Rue de l'Hôpital Militaire, 39 — LILLE

COURROIES

BALATA, COTON, POIL DE CHAMEAU

HECTOR DEPREUX

Usines VIESLY (Nord)

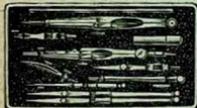
Maison de vente: PARIS, 11, rue Michel Chasles



BARBOTHEU (A. & M.)

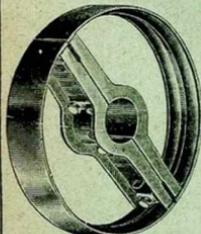
17, Rue Béranger (près la Place de la République), PARIS
FABRICANT D'INSTRUMENTS DE PRECISION

ENVOI FRANCO DU CATALOGUE



PIAT

PARIS — 85-87, rue Saint-Maur — PARIS



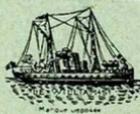
LA PLUS GRANDE
Manufacture de poulies

Organes de transmissions

POULIES "GLOBE"
en tôle d'acier emboutie

Solides, Légères, Économiques
Remplaçant avantageusement
les poulies en bois.

CATALOGUE général, 1200 pages. — PRIX : 40 fr.



LE WILLAM'S
Casimir BEZ et ses FILS
19, Avenue Parmentier, PARIS
Téléphone 919.54

Augmentation de Rendement des Générateurs. Économie de Combustibles
Le Willam's supprime l'attaque des tôles et de la robinetterie : facilite la vaporisation.

MACHINES A VAPEUR
à graissage automatique sous pression
(Breveté S. G. D. G.)

BOULTE, LARBODIÈRE & C^{ie}

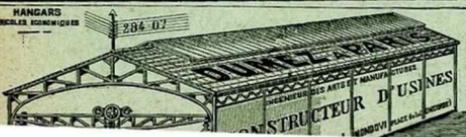
É. C. P. A. M.
6, Rue Laborde, PARIS. — Téléphone 524-32
Ateliers à Aubervilliers (Seine)

TACHYMÈTRES
ET COMPTEURS DE TOURS



pour
MACHINES
Brevetés s.g.d.g.

Ingenieur





POPINEAU, VIZET FILS & C^{IE}

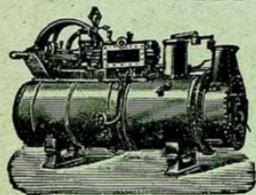
(A & M)

INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS

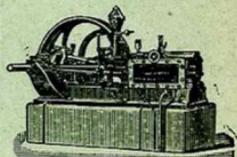
144, Avenue de Paris, PLAINE-SAINT-DENIS (près PARIS)

MACHINES A VAPEUR FIXES, MI-FIXES & LOCOMOBILES

A DÉTENTE ET RÉGULATEUR, brtés s. g. d. g.



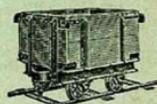
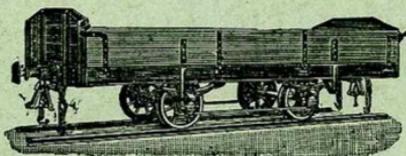
assurant
une très grande économie
de consommation



CHAUDIÈRES

CHEMINS DE FER PORTATIFS :

(VOIES, WAGONNETS ET LOCOMOTIVES)



WAGONS POUR TRAVAUX PUBLICS ET TRANSPORTS INDUSTRIELS

WAGONS BASCULANTS POUR TERRASSEMENTS, LORRYS, TRUCS, CHARIOTS DIVERS

POMPES CENTRIFUGES MARCHAND brevetées s. g. d. g.
pour petites et grandes élévations



MATÉRIEL POUR LA FABRICATION DES BRIQUES SILICO-CALCAIRES ET DES PRODUITS CÉRAMIQUES :

Broyeurs à meules, Broyeurs à boulets, Concasseurs à mâchoires, Presses,
Etuves, Transporteurs, etc.

MATÉRIEL & OUTILLAGE DIVERS

Malaxeurs, Bétonnières perfectionnées, Treuils
Trieuses et Laveuses de sable, cailloux et autres matières, etc., etc.

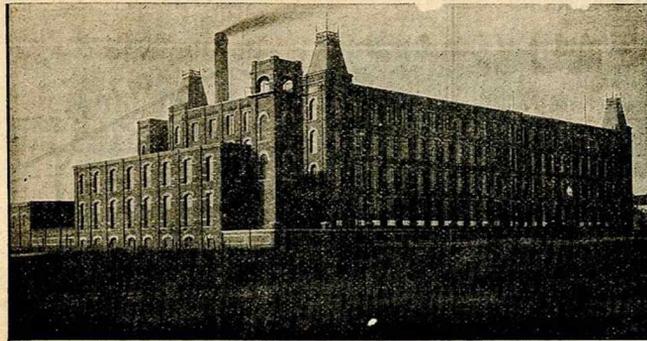
RAILS, AIGUILLAGES ET ACCESSOIRES DE VOIE

LOCATION

DE LOCOMOTIVES, LOCOMOBILES
VOIES PORTATIVES, WAGONNETS
Malaxeurs, Bétonnières, Pompes, Grues, etc.

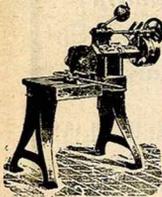
Remisage et réparations de machines et Matériel divers

Ateliers reliés au Chemin de fer du Nord (Embranchement Civet)



PAUL SEIN
 Ingénieur-Architecte
LILLE

— 0 —
 Etude et entreprise
 de bâtiments indus-
 triels. — 550 usines
 construites depuis
 1886. — Ciment armé.
 Economiseurs. — Ré-
 frigérants. — Chauf-
 fage — Ventilation.
 Humidification.



MACHINES-OUTILS
OUTILLAGE MÉCANIQUE
TRANSMISSIONS

COURTIAL

129, Boulev. Richard-Lenoir, PARIS

SCIÉRIES
 à grand débit pour tous métaux
AFFUTEUSES
 pour scies et forets américains

TARAUDEUSES, PERCEUSES, FRAISEUSES
 Tours parallèles — Revolver — Automatiques
MANDRINS — LIMES — FORGES — VENTILATEURS, etc.

DEMANDER CATALOGUES

Cie Française des Transmissions "FLEXIBLES"

Siège social :

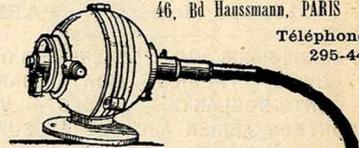
46, Bd Haussmann, PARIS

Téléphone
 295-44

USINE

à

CREIL



Fournisseurs de la Marine, la Guerre, des Chemins de
 Fer et des Grands Ateliers de Constructions.

MACHINES A PERCER, MEULER, ALÉSER

Application au nettoyage de tubes de chaudières.
 A la commande des automobiles, etc., etc.

MOTEURS ELECTRIQUES

Expositions Universelles, Paris 1900, St-Louis 1904 : MÉDAILLES D'OR
 Exposition Internationale Lille 1902 : HORS CONCOURS, Membre du Jury
 Exposition Universelle, Liège 1905 : DIPLOME D'HONNEUR

CH. SEBIN FILS

2 et 4, rue Morand, PARIS

Téléphone
 938-93

A. Biesse
 Ing^a & M

FABRIQUE SPÉCIALE

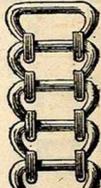
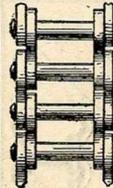
de
CHAINES GALLE

et
CHAINES VAUCANSON

Simple mailles

CHAINES GALLE

pour GRUES
 MONTE-CHARGES
ASCENSEURS
 PONTS-ROULANTS
BANCS A ÉTIRER



CHAINES GALLE

à aiguilles
 à platines démontables
 brevetés s.g.d.g.
 pour Appareils d'étoffes

ROUES et CHAINES silencieuses

Marque "VARIETOP" brevetés s.g.d.g.
 pour automobiles, tramways, organes mécaniques, transmis-
 sions de mouvements à grande vitesse

ROUES DENTÉES

pour CHAINES GALLE et VAUCANSON toujours prêts
 à être livrés.

Fournisseurs de la Guerre, de la Marine, des Compagnies de Chemins,
 de fer et des Grands Etablissements Métallurgiques.

Fonderie & Ateliers de Construction

SPECIALITÉ
TRANSMISSIONS
 ORGANES DE
 ARBRES-CHAISES
 MANCHONS-CONES-PALERS-POULIES

MAISON A RIQUAIRE, FONDÉE EN 1872

ARTELIS & C^{ie}

Ingénieur E.C.P.
 Gendre & Successeurs

Ferrière-la-Grande

GARE POSTES & TÉLÉGRAPHES (NORD)

TÉLÉPHONE
 N° 42, A MAUBEUGE

Assurance Compagnie
 Pliques de la Compagnie d'Assurance
Mouillage au TROUSSEAU
 Moulage en Terre



MAISONS RECOMMANDÉES

Injecteurs VABE S.G.D.G.
Pour l'alimentation des chaudières à vapeur. Constructeur de tous appareils à jet de vapeur.
Ancienne Maison VABE (A. M.)
J. BOREL, neveu et succr.
5, rue du Général Blaise, Paris

STÉ FRANÇAISE **MÉTALLURGIQUE**

PROCÉDÉS GRIFFIN **PROCÉDÉS GRIFFIN**

ROUES
POUR
CHEMINS DE FER
TRAMWAYS
MATÉRIEL D'ENTREPRISE
& D'USINES

ESSIEUX MONTÉS

USINE A GORCY (Meurthe-et-Moselle)

FORGES de GORCY

SIÈGE SOCIAL
53
CHAUSSÉE D'ANTIN
PARIS

TÉLÉPHONE
140.35

ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE
GORCYGRIFF - PARIS

TÉLÉPHONE
FORGES de GORCY

ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE
FORGES GORCY

M.Y. 55. B. 597. A. 7. 11. 99

PAUL KESTNER, LILLE

Nouveau système d'**HUMIDIFICATION**
en combinaison avec

VENTILATION & CHAUFFAGE

POUR
FILATURES et TISSAGES

Références de **PREMIER ORDRE**
à disposition sur demande.

DYNAMOS

HENNEGRAVE

56, Rue du Bastion, 56

NANCY

Société Anonyme des Anciens Etablissements

MAZERAN & SABROU

MACHINES A VAPEUR

LA PLAINE ST-DENIS

(Seine)

DESSINS & GRAVURE SUR BOIS
SIMILIGRAVURE - PHOTOGRAVURE

CLICHES
CUIVRE & NICKEL

O. HERVE
M. E. ALIX & C^{IE}
14, RUE DE BONDY
PARIS - TEL. 403 58

ALBUMS INDUSTRIELS
IMPRESSIONS DE LUXE

PALANS ÉLECTRIQUES
A LIMITE DE CHARGE

GRUES

Treuil

MONTE-CHARGE

Ponts roulants

ET TOUS

Appareils de levage
A BRAS OU AU MOTEUR

Chaînes calibrées
de précision
POUR TOUS APPAREILS

Palans différentiels
simples et à engrenage

PALANS A VIS
à limite de charge,
à butée
et roulements
sur billes

CRICS

Vérins

PIÈCES DE FORGE ET DE FONDERIE

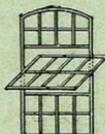


E. LORIN, Constructeur
A. DOULAINCOURT (Haute-Marne) — **TELEPHONE**
DÉPOT : 51, Boulevard Richard-Lenoir, PARIS. Téléphone 932-76

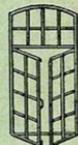
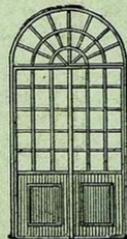
THE TIMMHEAT
VIRTUAL MUSEUM

CROISÉES D'USINES EN FER
VITRAGES, PORTES, CHASSIS
Nouveau système d'assemblage

ÉCONOMIE



Adoptées par
toutes
les industries.



Nombreuses
références.

SOLIDITÉ

USINE PANTZ
PONT-A-MOUSSON (Meurthe-et-Moselle)
Tarifs spéciaux et Devis sur demande

H. BLOUIN, **INGÉNIEUR-CONSEIL**
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ DES
INGÉNIEURS CIVILS

PARIS, 43, Boulevard Voltaire, 43, PARIS

Obtention des Brevets d'invention

en France et à l'Étranger

Recherches d'antériorités. — Copie des Brevets
français et étrangers. — Résumés sommaires
de tous les Brevets. — Procès en contrefaçon.
Études et création de machines nouvelles.

PROJETS, PLANS, DEVIS, RAPPORTS
DESSINS ET CATALOGUES INDUSTRIELS

Consultations techniques et légales

Téléph. 930.53. Adr. télégr. **INBLOU-PARIS**



CHANGING OF VENTILATION