



CHAUFFAGE ET INDUSTRIES SANITAIRES

REVUE MENSUELLE DES ENTREPRISES DE CHAUFFAGE, FUMISTERIE, PLOMBERIE, ETC.

CHAUFFAGE — RAFRAICHISSEMENT — VENTILATION — DÉPOUSSIÉRAGE — SÉCHAGE — DISTRIBUTIONS DE VAPEUR ET D'EAU
STÉRILISATION — DÉSINFECTION — ASSAINISSEMENT — CUISINES — BAINS — BUANDERIES

ABONNEMENTS : France, 12 fr. — Étranger, 15 fr. — Le Numéro, 1 fr. 50

RÉDACTEUR TECHNIQUE

A. NILLUS

Ingénieur-Conseil, Ancien Élève de l'École Polytechnique
Expert près les Tribunaux

ADMINISTRATEUR

F. MARGRY

Administrateur
de la Revue des Matériaux de Construction

RÉDACTION ET ADMINISTRATION : 148, BOULEVARD MAGENTA, 148 — PARIS (X^e)

La reproduction des articles, documents, renseignements, dessins, photographies, etc., parus dans notre publication est formellement interdite, sauf autorisation spéciale de l'Administration.

SOMMAIRE

ÉTUDES DIVERSES ET DESCRIPTIONS D'INSTALLATIONS. —
Des différentes méthodes de calcul dans le chauffage à eau chaude,
par A. NILLUS, page 109.

RENSEIGNEMENTS. — REVUE DES PÉRIODIQUES. — BIBLIOGRAPHIE, page 122.

BREVETS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS, page 125.

CHRONIQUE JUDICIAIRE. — INFORMATIONS. — DIVERS, page 127.

APPAREILS NOUVEAUX. — CATALOGUES. — CORRESPONDANCE
page 127.

BULLETIN MÉTÉOROLOGIQUE, page 128.

ÉTUDES DIVERSES ET DESCRIPTIONS D'INSTALLATIONS

DES DIFFÉRENTES MÉTHODES DE CALCUL DANS LE CHAUFFAGE A EAU CHAUDE.

par A. NILLUS, Ingénieur-conseil à Paris (1).

MESSIEURS,

Lorsque, il y a deux mois, j'ai développé devant vous la première partie de ma conférence sur les différentes méthodes de calcul dans le chauffage à eau chaude, j'avais eu recours à une classification relativement arbitraire, mais susceptible d'autre part de mettre un peu d'ordre et de méthode dans l'exposition et présentant en outre pour le langage une assez grande commodité. J'avais distingué les méthodes dites respectivement *empiriques*, *approchées* et enfin *exactes*.

J'ai épuisé les quelques indications et observations que je

voulais vous présenter sur les méthodes empiriques et approchées; et il ne me restera plus aujourd'hui qu'à vous parler des méthodes exactes et à essayer de tirer une conclusion pratique des diverses considérations développées au cours de cette étude. — Mais cependant, avant d'aborder l'examen de ces matières nouvelles, je voudrais vous demander la permission de jeter un regard en arrière, et de vous mettre en garde, d'une manière un peu plus précise que je ne l'ai fait déjà, contre une conclusion un peu hâtive qu'il peut sembler naturel de tirer de mon précédent exposé.

Nous reprendrons, si vous le voulez bien, les tableaux comparatifs que j'avais mis sous vos yeux; ils donnaient les diamètres obtenus pour les divers tronçons du circuit le plus défavorable dans une installation type, en utilisant successivement trois méthodes empiriques d'abord, puis quatre modalités distinctes de la méthode approchée dite française. Je vous avais déjà signalé le 15 mars, en terminant, que les résultats, pour cinq au moins des procédés de calcul envisagés, étaient excessivement voisins les uns des autres. Dans ces conditions, l'on est tenté de se dire qu'après avoir arrondi les diamètres trouvés à ceux du commerce les plus voisins, on tombera sur des résultats iden-

(1) Seconde partie d'une conférence faite à l'Association des Ingénieurs de chauffage et ventilation de France, dans la séance du 19 mai 1911. La première partie avait été exposée le 15 mars 1911. Voir son texte *in extenso* dans le n° 33 d'avril 1911 de *Chauffage et Industries Sanitaires*.

tiques, et alors il semble bien qu'un aimable scepticisme soit de mise.

C'était pas la peine assurément
De changer de gouvernement,

dit la chanson ; ce ne serait pas plus la peine ici de changer de méthode et il serait indifférent de s'arrêter à n'importe laquelle. Il n'est donc pas inutile d'examiner la chose d'un peu plus près, car en procédant à cet examen, on reconnaît aisément qu'un semblable raisonnement pêche en deux points à la fois.

Il serait exact pour celui qui se contenterait, après avoir ainsi déterminé la valeur des diamètres, de les prendre tels quels sans autre modification ; mais je vous ai expliqué déjà qu'il était impossible de procéder ainsi, si l'on était le moins soucieux d'apporter un peu d'exactitude dans ses calculs. — Ce qu'il faut faire, et c'est d'ailleurs ce que nous allons voir tout à l'heure que l'on fait dans toutes les méthodes exactes, c'est d'introduire dans un calcul fait à rebours du précédent les diamètres du commerce ainsi obtenus. Je veux dire que, cette fois, au lieu de supposer la perte de charge par mètre connue et d'en déduire le diamètre, on fait le contraire ; on part du diamètre trouvé, et l'on cherche la perte de charge qui en résulte ; si la somme de toutes les pertes de charge n'est pas égale à la charge, on modifie l'un ou plusieurs des diamètres trouvés jusqu'à ce que cette égalité soit remplie. C'est là un point que je vous ai déjà exposé, mais il me paraît intéressant d'y insister, parce que je le considère comme tout à fait primordial en l'espèce.

Or, si nous opérons de cette manière, nous voyons de suite par quoi pêche le raisonnement hypothétique auquel nous faisons allusion tout à l'heure ; en effet :

1° Des différences de diamètre pouvant paraître absolument insignifiantes donnent lieu à d'importantes variations dans les valeurs de la perte de charge.

2° En partant de diamètres même identiques, l'adoption d'une méthode au lieu d'une autre ne conduit pas aux mêmes valeurs de la perte de charge, et par suite les corrections à opérer sur tel ou tel diamètre ne sont plus les mêmes.

Pour que vous vous rendiez bien compte de la vérité de cette première affirmation, je vous dirai que, en faisant usage de la méthode française, avec coefficient de frottement constant, des variations respectives des diamètres de 5 p. 100 et 10 p. 100 conduisent à des variations de la perte de charge de 27,6 p. 100 et de 61 p. 100 ; prendre un diamètre de 24 millimètres au lieu de 26 millimètres par exemple revient à augmenter la perte de charge de 1/3. Il est donc bien exact que des variations insignifiantes de diamètre ont une portée considérable.

Et au surplus, pour que vous soyez bien convaincus aussi de l'exactitude du second point que j'ai posé en maxime, j'ai voulu refaire moi-même, dans les quatre cas du tableau V donnant les résultats de la méthode française (1), le calcul inverse destiné à la détermination des pertes de charge, tel que je viens de le définir.

Il m'a donné les chiffres suivants :

(1) Voir *Chauffage et Industries Sanitaires*, n° 33 d'avril 1911, p. 77, 2^e colonne.

TABLEAU VI

Résultats de la méthode française avec diamètres de commerce en égalant la charge à la somme des pertes de charge.

DÉSIGNATION DES TRONÇONS	VALEUR DES DIAMÈTRES			
	Coefficient de frottement constant		Coefficient de frottement variable	
	L'=L	L'=1,25 L	L'=1,25 L D'APRÈS DARCY	L'=1,25 L DOUBLÉ
7-8-15	50	50	50	60
9-10	8 ^m 50 de 40 8 ^m 50 de 34	40	40	11 ^m de 50 6 ^m de 40
14	34	13 ^m 75 de 40 1 ^m 25 de 34	8 ^m 50 de 40 6 ^m 50 de 34	40
11	34	34	34	34
12-13	25	25	25	25

Cet exemple suffira, je pense, pour vous faire saisir d'une manière frappante comment et pourquoi il n'est pas indifférent d'adopter un mode de calcul plutôt qu'un autre ; il aura l'avantage en même temps de faire comprendre le procédé qui consiste à reprendre le calcul en partant des diamètres pour satisfaire à l'égalité de la charge et de la somme des pertes de charges ; il servira en même temps d'introduction toute naturelle à l'étude des méthodes exactes dans lesquelles ce procédé est toujours employé.

Méthodes exactes.

J'aurais peut-être préféré, en vous exposant les diverses méthodes exactes que l'on pratique aujourd'hui, continuer comme je l'ai fait jusqu'ici, à passer du plus simple au plus complexe. Mais à certains égards, la chose pourrait paraître illogique. Ainsi que je vous l'ai dit antérieurement, c'est le professeur Rietschel qui, le premier, a posé les bases de la véritable méthode rationnelle ; il est donc plus naturel d'exposer sa méthode d'abord, puisqu'elle a été en fait l'origine plus ou moins directe de toutes les autres, et d'en faire dériver ensuite toutes les autres, qu'elles soient le résultat de simplifications ou de complications diverses.

Méthode de Rietschel. — Je vous ai expliqué à plusieurs reprises que le premier soin que l'on devait avoir dans la recherche d'une méthode rationnelle basée sur les formules (1), (2), (3), (4) et (5) données plus haut, était de découvrir une relation commode entre les diverses valeurs des quantités v_1, v_2, \dots, v_{15} de la formule (1) de manière à supprimer les inconnues surabondantes. Or, il n'est pas toujours aisé de choisir convenablement une semblable relation, et l'on a trouvé souvent plus commode dans la pratique non pas de déterminer par des relations arbitraires toutes les valeurs des différentes vitesses en fonction de l'une d'elles, ce qui laisserait, comme il convient, une seule variable, mais bien de supposer toutes ces vitesses connues et de leur donner à chacune une valeur déterminée, conformément à une loi quelconque arbitrairement choisie. Dans ces conditions, il n'y a plus de variable, puisque l'on a choisi arbitrairement une quantité de trop, et il s'en suit que la formule (1) ne peut plus être vérifiée exactement. Le procédé consiste



alors, après avoir fait toutes les opérations nécessaires, à modifier, parmi les valeurs des quantités v_A, v_7, \dots, v_{15} celle par laquelle cela est le plus commode, de manière que l'équation (1) soit vérifiée.

C'est ainsi que Rietschel a choisi, pour mettre à la place des différentes vitesses entrant dans l'équation (1) les valeurs que leur donnent les résultats obtenus par l'application de sa méthode empirique exposée ci-dessus. Il a d'autre part adopté comme mode d'opération les calculs mathématiques, à l'exclusion de tout procédé graphique, en se basant sur des tables destinées à rendre ces calculs plus pratiques. Enfin, il a introduit dans les formules rationnelles originales, toutes les simplifications qui nous ont conduits antérieurement aux formules (6) à (10) inclusivement; et même, dans la formule (7), il a remplacé $\frac{\delta_{15} + \delta_7}{2}$ par la valeur 0,9744, moyenne des poids spécifiques de l'eau à 90° et 60°; pour des applications se bornant, comme je vous ai dit plus haut que je ferais ici, aux chauffages à basse pression; l'adoption de cette valeur conduit pour la quantité A à une valeur de 2.753.700.

D'autre part Rietschel a supposé que, dans l'équation (2) le coefficient λ est donné par la formule de Weisbach :

$$\lambda = 0,01439 + \frac{0,0094711}{\sqrt{v}} \quad (22)$$

Il a enfin considéré comme exactement connus tous les coefficients ζ et donné une table des valeurs qu'il recom-

Les formules (8) à (10) permettent de déterminer diamètres du circuit le plus défavorable. Dans ce but, ayant choisi arbitrairement l_A et l_{15} , on en déduit, soit en utilisant la méthode empirique de Rietschel, soit au besoin à l'aide de tout autre procédé, des valeurs provisoires pour ces diamètres, et on se sert de ces valeurs pour tirer de la formule (10), celles de v qui se rapportent aux différents tronçons.

Si nous nous reportons aux relations (2) et (22), nous voyons que $\Sigma v^2 R$ ne dépend que des quantités v, d, l, ζ toutes connues maintenant; on peut donc calculer la valeur de cette expression. Si, les calculs achevés, on constate que la relation (7) n'est pas vérifiée, on modifie le diamètre de l'un des tronçons, on calcule à nouveau par lui $v^2 R$ par le même procédé et l'on continue ainsi jusqu'à ce que l'équation (7) soit vérifiée.

On fait exactement les mêmes opérations pour tous les tronçons des circuits secondaires, en se servant de manière identique des formules (9) et (10) et autres analogues.

Les calculs sont simplifiés considérablement si l'on fait usage des tables à double entrée que Rietschel a publiées dans son ouvrage et qui peuvent être utilisées de la manière suivante. On y trouve d'une part la valeur de v_n , résultant de la résolution de l'équation (10), en fonction de $\frac{C_n}{l_A - l_{15}}$ et de d_n ; puis en fonction de v ainsi déterminé : les valeurs de $\frac{v^2 \lambda}{2g} \frac{d}{d}$ d'une part, et de $\frac{v^2}{2g} \zeta$ d'autre part, ce qui permet d'avoir très aisément : $\frac{1}{2g} v^2 R$.

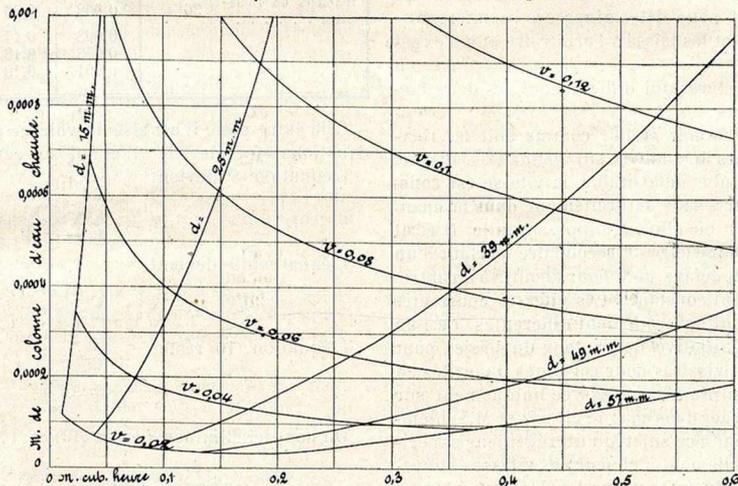


Fig. 7. — Graphique de Gramberg pouvant tenir lieu des tables de Rietschel.

mande de leur donner pour les différentes résistances locales, à savoir :

Coude d'équerre . . .	$\zeta = 1$	Robinets vannes ouverts (section de passage identique à celle du tuyau) . . .	$\zeta = 0$
Coude arrondi . . .	$\zeta = 0,5$	Coude de rayon de courbure supérieure ou égal à 5 fois le diamètre. . .	$\zeta = 0$
Double coude . . .	$\zeta = 0,8$		
Augmentation ou diminution brusque de section. . .	$\zeta = 1$		
Soupapes ouvertes . . .	$\zeta = 0,5$ à 1		
Robinets ouverts. . .	$\zeta = 0,1$ à 0,3		

Notons en passant que le même résultat pourrait être obtenu en employant, au lieu de ces tables, des graphiques analogues à ceux qu'a établis M. Gramberg, par exemple, et dont je vous donne une reproduction rudimentaire (fig. 7). Les abscisses représentent les débits horaires, et les ordonnées les pertes de charge par mètre. Il y a deux réseaux de courbes; diamètres et vitesses. Les opérations sont identiques à celles que l'on fait avec les tables. De la connaissance du diamètre et du débit on passe à celle de la vitesse et en



même temps de la perte de charge par mètre. De la vitesse on déduit la valeur des résistances locales.

Ainsi que je l'ai déjà dit antérieurement, il reste bien entendu que tout ce qui vient d'être exposé s'applique seulement au mode de distribution qui comporte double réseau de tuyauteries, un pour l'aller, l'autre pour le retour, ainsi que cela est représenté à la figure 5 qui nous sert d'exemple commun.

Méthode de Schlemmer. — Je pourrais être accusé d'avoir un peu trop généralisé en qualifiant de méthode américaine le procédé empirique le plus éloigné de la théorie rationnelle, dont je vous ai dit quelques mots. Je veux faire maintenant amende honorable en reconnaissant que si cette méthode empirique est de beaucoup la plus généralement employée de l'autre côté de l'Atlantique, cela ne veut pas dire que quelques esprits judicieux n'aient point cherché à se dégager des habitudes courantes pour serrer d'un peu plus près la réalité. Et j'en donnerai pour preuve la méthode exposée par M. Oliver H. Schlemmer en 1907 au cours d'une des réunions de l'Association américaine des Ingénieurs de chauffage et de ventilation.

Cette méthode est en somme assez analogue à celle de Rietschel, dont il semble bien d'ailleurs qu'elle dérive. Elle admet les mêmes simplifications que celles qui nous ont conduits au groupe des formules de (6) à (10). Elle est également basée uniquement sur des calculs et non sur des procédés graphiques. Elle exige naturellement aussi, comme toutes les méthodes dites exactes, un premier stade d'approximation préliminaire; mais ici l'auteur ne recommande aucun procédé spécial pour déterminer ces premières valeurs approximatives, et les laisse à l'arbitraire et à l'expérience de chacun.

Les principaux caractères qui différencient les deux méthodes sont les suivants :

1° M. Oliver H. Schlemmer établit comme suit les relations qui éliminent les inconnues surabondantes. Il écrit que, dans le circuit le plus défavorable, la vitesse est constante d'un bout à l'autre, sauf naturellement dans la chaudière et les radiateurs, où elle est supposée nulle. Il écrit de même que dans chaque circuit secondaire partant d'un point du circuit le plus défavorable pour aboutir à un autre, la vitesse est également constante. Ces vitesses constantes dans chaque circuit sont naturellement différentes de l'un à l'autre. Dès lors l'initiative de l'auteur du projet pour choisir des valeurs provisoires pour certaines quantités en vue de l'approximation première, s'exerce uniquement sur ces vitesses devant régner dans chaque circuit, et M. Schlemmer affirme simplement à ce sujet qu'un ingénieur expérimenté arrivera très facilement à choisir ces vitesses convenablement, étant entendu surtout que les divergences dans ce choix, à moins qu'elles ne soient par trop considérables, n'ont qu'une influence insignifiante sur le résultat final.

2° On admet, comme nous l'avons déjà vu faire dans d'autres méthodes, que toutes les résistances locales peuvent être remplacées par le frottement d'une longueur déterminée de conduite de même diamètre; cette longueur est ici exprimée en fonction de ce diamètre

$$l' = \mu d \tag{23}$$

3° On suppose au coefficient de frottement λ une valeur

constante égale à 0,028, et pour tenir compte des variations qu'il subit d'un diamètre à l'autre, on majore ou diminue la longueur réelle de chaque tronçon d'une fraction β de sa longueur variable avec le diamètre, de sorte que si

$$l'' = (l + l') (1 + \beta) \tag{24}$$

la relation générale (2) devient

$$R = \frac{\lambda}{d} \Sigma l'' = \frac{\lambda}{d} L'' \tag{25}$$

M. Schlemmer donne d'ailleurs dans des tableaux les valeurs de μ et de β qui correspondent aux différents cas. Je reproduis ici ces valeurs :

TABLEAU VII

Détermination des résistances (méthode Schlemmer).

NATURE des RÉSISTANCES	VALEURS de μ	DIAMÈTRES des CONDUITES	VALEURS de β	DIAMÈTRES des CONDUITES	VALEURS de β
Coude	24	0,013	2,00	0,402	0,07
Agrandissement ou réduction brusque.	36	0,020	0,75	0,414	0,06
Entrée ou sortie pour un branchement d'équerre sans réduction de diamètre.	72 à 96	0,025	0,67	0,428	0,04
		0,033	0,50	0,454	0,03
Le même avec réduction de diamètre.	48 à 72	0,041	0,33	0,478	0,02
Robinetts de radiateur	36	0,052	0,20	0,203	0,00
		0,063	0,17	0,216	-0,02
		0,078	0,13	0,256	-0,04
		0,091	0,10		

Cela étant posé, il est aisé de voir ce que deviennent les équations générales (8), (9) et (10) sur ces bases.

L'équation (8) devient

$$ah_1 = \lambda \frac{v_1^2}{2g} \Sigma_A \frac{L''}{d} \tag{26}$$

L'équation (9) devient

$$a(h_3 - h_1) = \frac{\lambda}{2g} \left[v_3^2 \Sigma_{10} \frac{L''}{d} - v_1^2 \Sigma_{11} \frac{L''}{d} \right] \tag{27}$$

L'équation (10) reste

$$\frac{C_n}{l_A - l_{15}} = A d_n^2 v_n \tag{10}$$

On peut ici éliminer d entre (13) et (17) et il vient

$$ah_1 = \frac{\lambda}{2g} \sqrt{\Lambda(l_A - l_{15})} v_1^{2,5} \Sigma_A \frac{L''}{\sqrt{C}} \tag{28}$$

De même pour les équations (10) et (26)

$$a(h_3 - h_1) = \frac{\lambda}{2g} \sqrt{\Lambda(l_A - l_{15})} \left[v_3^{2,5} \Sigma_{10} \frac{L''}{\sqrt{C}} - v_1^{2,5} \Sigma_{11} \frac{L''}{\sqrt{C}} \right] \tag{29}$$

Dès lors, on comprend aisément comment se feront les calculs. Ayant choisi arbitrairement, et aussi convenablement que possible, soit d'après son expérience personnelle, soit par tout procédé quelconque approximatif auquel on aura accordé la préférence, les valeurs provisoires de v_1, v_2, \dots

v_0 , vitesses correspondant respectivement au circuit le plus défavorable contenant le radiateur 1, puis aux divers circuits secondaires contenant respectivement les autres radiateurs, on se servira de ces valeurs pour déterminer les diamètres provisoires de tous les tronçons de conduite de l'installation, et on en déduira à l'aide des relations (23), (24) et (25) les valeurs correspondantes de L'' , également pour chaque tronçon. Dans ces conditions l'équation (28) et toutes les équations des circuits secondaires analogues à (29) ne contiendront plus que des quantités connues, à l'exception des vitesses. De (28) on tirera v , qui, porté dans (29), permettra de calculer v_3 et ainsi de suite. Enfin l'équation (10) donnera la valeur des diamètres définitifs en fonction des vitesses.

Les calculs à effectuer sont, comme vous le voyez, assez longs; ils exigent que l'on ait à sa disposition, comme dans la méthode française approchée, des tables de racines carrées et de racines cinquièmes, ou des tables de logarithmes, ou une règle à calcul spéciale; aucune table auxiliaire n'a été dressée par l'auteur, comme l'a fait Rietschel pour sa méthode; mais, en somme, il n'y a là aucune difficulté réelle.

Méthode de Jeffreys. — Si je vous parle, Messieurs, d'entente cordiale, à propos de chauffage à eau chaude, il vous semblera peut-être que c'est une question au moins étrange à traiter ici. Mais je puis vous rassurer et vous pouvez croire que je n'ai nullement l'intention de pénétrer d'une manière active dans le domaine de la politique internationale. L'entente cordiale dont je veux vous entretenir est de nature modeste, et je croirais bien volontiers qu'elle est due plutôt à une coïncidence fortuite, qu'à une conséquence directe de l'autre. Ce qu'il importe de dire c'est qu'en France et en Angleterre, les ingénieurs de chauffage et de ventilation se sont mis d'accord consciemment ou non, et à titre de petit prolongement de cette fameuse entente cordiale, pour faire sur leurs procédés et leurs méthodes la conspiration du silence. Alors qu'en Allemagne et aux États-Unis, tout ce qui se fait est vite connu et répandu de tous côtés, les Français et les Anglais gardent avec un soin jaloux des secrets qui n'ont souvent pas l'importance qu'ils y attachent, et, à mon avis personnel, j'ai déjà eu l'occasion de vous le dire, en mettant à part le cas de secrets qui n'en valent pas la peine, ou ne représentent que des paravents derrière lesquels se cache le néant, ils auraient presque toujours plus d'intérêt à les divulguer qu'à les étouffer.

Aussi est-ce une bonne fortune à ne pas négliger si je puis, après vous avoir entretenus de méthodes allemandes ou américaines, vous en exposer maintenant une qui soit anglaise.

Elle est due à M. J. Jeffreys, qui l'a communiquée l'année dernière, et n'est pas sans une grande analogie d'ailleurs avec la précédente. Elle admet en effet toutes les mêmes simplifications que cette dernière; elle suppose les frottements et résistances déterminés à l'aide de relations identiques aux formules (23) et (24), encore que l'auteur, désireux au moins de garder de sa méthode quelque chose de secret, ne divulgue pas les coefficients μ et β dont il se sert. Pas plus qu'elle, d'ailleurs, elle ne correspond à un procédé spécial pour déterminer les valeurs correspondant au premier stade d'approximation, qu'elle supprime même par un artifice que je vous indiquerai tout à l'heure.

Mais elle s'en différencie par un caractère spécial qui lui assure d'ailleurs, à défaut d'une réalisation économique de l'installation, du moins le maximum de simplicité dans les calculs lorsque l'on n'a ni tables, ni graphiques à sa disposition. Ce caractère spécial consiste dans une manière de procéder qui supprime la nécessité d'envisager séparément la vitesse possible et la vitesse nécessaire, comme je l'ai fait jusqu'ici, et dans la suppression de toute relation quelconque entre les inconnues surabondantes. Celles-ci sont choisies absolument arbitrairement, sans que l'on s'astreigne à une autre condition que de les faire correspondre à des diamètres plutôt trop forts que trop faibles, ce à quoi l'on arrive aisément avec un peu d'exercice. Les diamètres ainsi obtenus sont considérés comme définitifs et pour qu'ils puissent rester tels, tout en vérifiant les diverses équations du problème, on s'astreint seulement à ajouter dans la conduite spéciale d'alimentation de chaque radiateur une résistance supplémentaire, sous forme par exemple d'un joint plein percé ou d'un étranglement quelconque que l'on détermine précisément de manière à satisfaire aux équations. On comprend que cela soit simple. La difficulté est d'éviter de choisir des conduites de diamètre un peu trop gros; outre que ce ne serait guère économique, il peut arriver que, si on dépasse certains diamètres, il devienne impossible de réaliser pratiquement un étranglement convenable pour absorber la charge en excès.

Ici les équations générales deviennent respectivement :

Pour l'équation (1) :

$$ah_1 = \frac{\lambda}{2g} \sum_{\Lambda}^{15} \frac{v^2 L''}{d} \quad (30)$$

Pour l'équation (4) :

$$a(h_3 - h_1) = \frac{\lambda}{2g} \left[\sum_{10}^{18} \frac{v^2 L''}{d} - \sum_{11}^{13} \frac{v^2 L''}{d} \right] \quad (31)$$

L'équation (10) restant :

$$\frac{C_n}{t_{\Lambda} - t_{15}} = A d_n^2 v_n \quad (40)$$

Pratiquement, voici comment on les utilise.

Ayant choisi arbitrairement tous les d_n , on en déduit, par la formule (10), les valeurs de v_n correspondantes. On porte les valeurs de v d'abord dans le second membre de l'équation (30); celui-ci prend ainsi une valeur $\frac{\lambda}{2g} B$, qui, si les diamètres n'ont pas été trop mal choisis sera inférieure à ah , et l'on déterminera l'étranglement à introduire pour rétablir l'égalité entre la charge et les pertes de charge, à l'aide des formules suivantes :

$$\sigma_1 = \frac{C_1}{36 \times 10^{10} \beta_1 (t_{12} - t_1) V_1} \quad (32)$$

$$V_1 = 0,74 \sqrt{2gh_1 - \frac{\lambda}{a} B_1} \quad (33)$$

dans lesquelles :

σ_1 = la section de l'étranglement;

V_1 = la vitesse de l'eau dans cette section.

On fait de même ensuite pour les autres branchements secondaires de chaque radiateur à l'aide des équations (10), (31), (32) et (33), ou de celles à substituer à l'équation (31) pour les radiateurs 2, 4, 5 et 6.



Méthode du capitaine Mathieu. — De même que la méthode empirique du capitaine Mathieu n'est en réalité, ainsi que je vous l'ai indiqué plus haut, qu'une reproduction de la méthode de Rietschel avec un complément relatif aux quantités non déterminées par elle ; de même en ce qui concerne la méthode exacte, n'y a-t-il aucune différence essentielle à relever entre elles.

La manière de supprimer les inconnues surabondantes est la même, et consiste à substituer aux diamètres dans les formules les valeurs obtenues par une méthode empirique à peu près identique. Les simplifications introduites dans les formules générales (1) et (3) d'une part, sauf en ce qui concerne la question des poids spécifiques, et d'autre part la manière de calculer les résistances dues aux frottements et aux diverses causes locales, sont également identiques.

La différence capitale réside dans la manière dont sont conduits les calculs et dans l'utilisation de graphiques au lieu de tableaux. C'est donc surtout de cette forme de réalisation que j'aurai à vous entretenir ; mais je vous dirai auparavant deux mots de ce qui a trait aux poids spécifiques.

Ainsi que je vous l'ai dit précédemment, à propos de la méthode empirique, le capitaine Mathieu a préféré remplacer les poids spécifiques de l'eau entrant dans les formules par leur valeur tirée d'une relation empirique due à Planat :

$$\delta = 1,0086 - 0,0005 t \quad (34)$$

En passant, je signalerai qu'il eût été possible, tout en conservant la même forme à cette relation, de la faire correspondre à des valeurs beaucoup plus rapprochées de la réalité entre les limites où fonctionne un chauffage à eau chaude à basse pression, en modifiant légèrement ses coefficients, comme je l'ai fait ci-dessous :

$$\delta = 1,01659 - 0,000564 t \quad (35)$$

Mais cela est un détail, et ce qu'il importe seulement de remarquer, c'est que l'adoption de la formule (34) ou de toute autre ne modifie toutes les formules de Rietschel que d'une manière insignifiante. Il suffit dans la relation (10) de remplacer au numérateur δ_{15} et δ_7 par leurs valeurs tirées de (24) et au dénominateur δ_{15} et δ_7 par une même valeur égale à la moyenne des poids spécifiques correspondant aux températures de 90° et 60°, ce qui donne :

$$a' = \frac{0,0005 (t_A - t_{15})}{0,97444} \quad (36)$$

pour que toutes les autres formules de Rietschel soient applicables aux procédés du capitaine Mathieu.

Revenons par conséquent aux procédés de calcul qui constituent seuls la caractéristique de la méthode que nous envisageons. Au lieu de considérer d'abord le circuit le plus défavorable, et après lui seulement les branchements secondaires qui, issus d'un point de ce circuit, viennent y aboutir de nouveau en un autre point, M. Mathieu envisage séparément en commençant par le plus défavorable, tous les circuits complets qui, passant successivement par chaque radiateur, sont issus de la chaudière pour y revenir. Dans ces conditions la formule (8) applicable à chacun de tous ces

circuits peut s'écrire, en servant ainsi à un radiateur et à un circuit complet quelconque :

$$a' h_m = \frac{v_m^2}{2g} \sum A \left(\frac{v_n}{v_m} \right)^2 R \quad (37)$$

et la formule (14) reste :

$$\frac{C_n}{t_A - t_{15}} = A d_n^2 v_n \quad (10)$$

m , étant un indice qui représente celui de chacun des radia-

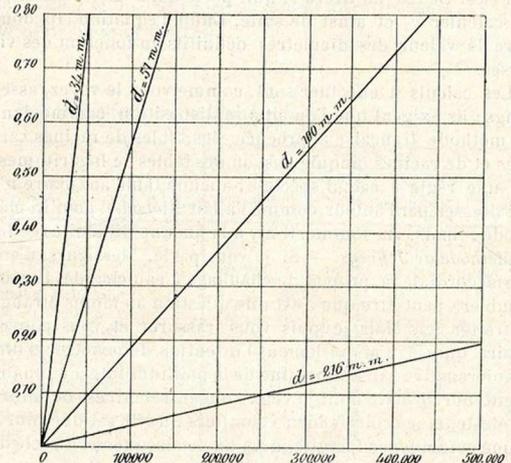


FIG. 8. — Abaque n° I du capitaine Mathieu.

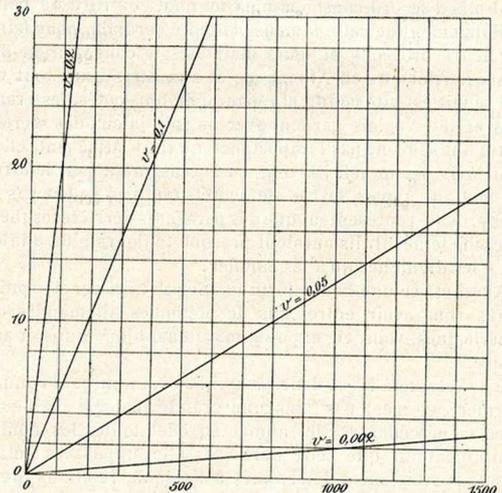


FIG. 9. — Abaque n° II du capitaine Mathieu.

teurs et n comme précédemment celui d'un tronçon quelconque ayant à transporter un nombre de calories égal à C_n .

Cela posé, les calculs se font de la manière suivante :



Ayant substitué dans la formule (10) la valeur des divers diamètres d_n résultant de la méthode empirique, on en tire les valeurs correspondantes de v_n , dont une en particulier est égale à v_m vitesse dans le tronçon alimentant le radiateur.

On calcule avec ces valeurs l'expression $\sum_A^{15} \left(\frac{v_n}{v_m}\right)^2 R$, et de l'équation (37) on tire alors une nouvelle valeur de v_m , plus approchée; on la substitue à son tour dans l'équation (10) et l'on trouve ainsi une valeur plus approchée par le diamètre d_m du tronçon alimentant le radiateur. On continue ainsi jusqu'à ce que deux approximations successives aient donné la même valeur pour d_m ou plus exactement deux valeurs suffisamment peu différentes pour qu'elles correspondent au même diamètre du commerce.

On procède de cette manière d'abord pour le circuit le plus défavorable, puis successivement pour tous les autres.

Les calculs sont facilités par deux diagrammes dont l'un, l'abaque n° I, est la traduction de la formule (10), avec C_n en abscisses et v_n en ordonnées; et dont l'autre, l'abaque n° II, est la traduction de la formule (37) avec $\sum_A^{15} \left(\frac{v_n}{v_m}\right)^2 R$ en abscisses et h_m en ordonnées. Ces deux abaques sont faits par $l_A - l_{15} = 20$. Dans les cas où cette différence de température a une autre valeur, il faut aux C_n et h_m substituer des valeurs fictives C'_n et h'_m obtenues par les relations.

$$C'_n = \frac{20}{l_A - l_{15}} C_n \quad (39)$$

$$h'_m = \frac{l_A - l_{15}}{20} h_m \quad (40)$$

Ces abaques sont établis en coordonnées cartésiennes, avec plusieurs changements d'échelle ayant pour but de rendre comparables les degrés de précision, à quelque distance qu'on soit de l'origine. Étant donné les abscisses et ordonnées choisies, les relations qui les unissent sont linéaires dans les abaques; les courbes à tracer correspondantes aux différents diamètres dans l'un et aux différentes vitesses dans l'autre sont toutes des droites aboutissant à l'origine.

Pour que vous puissiez vous en faire une idée, je retrace ici ces deux abaques à l'état rudimentaire, par trois ou quatre diamètres et trois ou quatre vitesses seulement, et sans tenir compte des changements d'échelle (fig. 8 et 9).

J'insiste sur ce fait, à savoir que, ainsi que vous avez pu vous en rendre compte, l'emploi de ces diagrammes n'empêche pas l'obligation de calculer les valeurs de $\sum_A^{15} \left(\frac{v_n}{v_m}\right)^2 R$, ce qui est assurément de beaucoup la partie la plus compliquée des calculs, et ce qui exige pour aller plus rapidement, de recourir à des tableaux préparés d'avance.

Méthode de Schweer. De même que la précédente, cette méthode dans son principe et dans sa théorie, ne présente rien de spécial; c'est identiquement celle de Rietschel.

C'est dans le mode de réalisation qu'elle a une physionomie toute particulière et l'on peut distinguer chez elle pour la différencier de la méthode de Rietschel trois points particuliers.

1° Elle constitue précisément un exemple de ces méthodes dont je vous ai entretenus et qui peuvent être employées à la fois comme méthodes approchées et comme méthodes

exactes. Le premier stade des approximations est obtenu ici en appliquant la méthode elle-même, fonctionnant par suite de certaines simplifications comme méthode approchée; et les résultats obtenus par cette méthode approchée, introduits dans les formules permettent ensuite l'application de la méthode exacte;

2° La condition qui élimine les inconnues surabondantes consiste à admettre que la perte de charge par mètre est constante sur la longueur du circuit le plus défavorable d'abord, puis de chaque branchement partiel ensuite, et il faut entendre cette perte de charge unitaire non par mètre de longueur réelle mais par mètre de *longueur fictive*. En d'autres termes, on évalue approximativement, et c'est même en cela que consiste la méthode approchée, la longueur de conduites qui dans chaque circuit peut être considérée comme équivalente aux résistances locales, et la *longueur fictive* dont je viens de parler est égale à la somme de cette *longueur équivalente* et de la *longueur réelle*, ainsi que cela a été fait antérieurement pour les méthodes de Schlemmer et de Jeffreys;

3° La méthode est combinée de manière à ne comporter aucun calcul d'aucune espèce; mais exclusivement des relevés de mesures sur des graphiques et des tracés.

Reprenons les formules (8) et (10); en nous reportant aux formules (2) d'une part et en faisant aussi comme précédemment :

$$C'_n = C_n \frac{20}{l_A - l_{15}} \quad (39)$$

en posant d'autre part :

$$\frac{1}{2g} v_n^2 \frac{l_n}{d_n} \Lambda = M_n \quad (40)$$

$$\frac{1}{2g} v_n^2 Z = N_n \quad (41)$$

nous pouvons écrire :

$$ah_i = \sum_A^{15} \left(M_n \frac{l_n}{\Lambda} \right) + \sum_A^{15} \left(N_n \frac{z_n}{Z} \right) \quad (42)$$

et aussi :

$$\frac{\sum C'_n}{20} = \Lambda d_n^2 v_n \quad (43)$$

Λ et Z étant des valeurs particulières fixes, choisies une fois pour toutes.

Supposons l'équation (43) résolue par rapport à v_n et la valeur ainsi trouvée portée dans chacune des équations (40) et (41). Celles-ci ne contiennent plus comme variables que d_n , C'_n et M_n pour l'une, d_n , C'_n et N_n pour l'autre.

M. Schweer a construit deux séries de diagrammes, les uns qui sont la traduction de la formule (40) avec C'_n en abscisses et M_n en ordonnées, les autres qui sont la traduction de la formule (41) avec C'_n en abscisses et N_n en ordonnées; dans l'une et dans l'autre, à chaque diamètre correspond naturellement une courbe.

Je vous donne ici une reproduction à l'état rudimentaire de deux de ces diagrammes pour 3 ou 4 diamètres seulement. Vous remarquerez que celui de la figure 11 est tout à fait analogue, sauf qu'il ne porte pas les courbes de vitesses, à celui de M. Gramberg dont je vous ai parlé précédemment.

Ils s'appliquent à un nombre de calories variant entre

30.000 et 100.000 et les diamètres que j'y ai reproduits sont de 39 à 82 millimètres. La figure 10 est destinée à la recherche des N et la figure 11 à la recherche des M.

Voici comment l'on procède :

L'atlas contenant toutes les planches en comporte une entre autres, la planche VI, où l'on peut, à l'aide d'un compas à pointes sèches, connaissant h et les températures d'entrée et de sortie, relever la valeur de ah et lire en même temps le rapport $\frac{C'}{C}$. Il contient aussi une sorte d'abaque avec règle mobile autour d'un centre qui permet de relever au compas

à règle mobile, on détermine la perte de charge par mètre et par suite aussi celle qui correspond à la longueur fixe Λ . Les graphiques analogues à ceux de la figure 10 permettent alors d'en déduire les diamètres provisoires.

Ayant obtenu ceux-ci, on relève pour chaque tronçon sur chacun des deux types de graphiques l'ordonnée M_n , et l'ordonnée N_n correspondant au diamètre d_n et au nombre de calories C'_n . A l'aide de l'abaque à règle mobile on relève les longueurs $M_n \frac{L_n}{\Lambda}$ et $N_n \frac{Z_n}{Z}$; et on les porte respectivement en AB et BC. On fait de même pour le tronçon suivant en CD

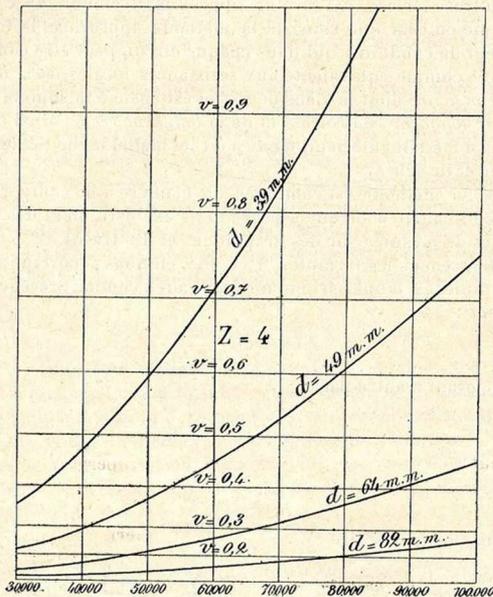


Fig. 10. — Graphique des pertes de charge de frottement, d'après Schweer.

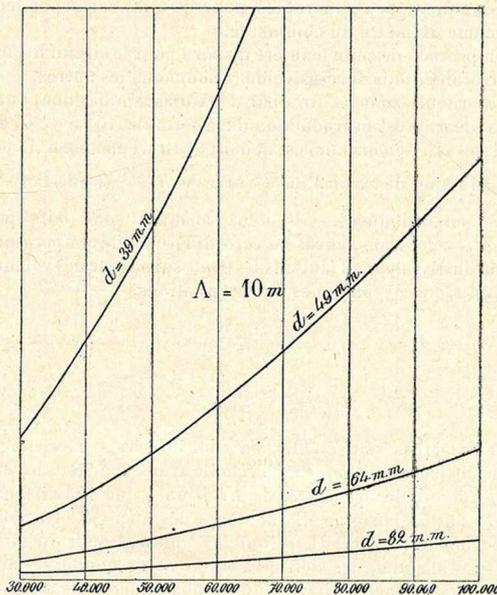


Fig. 11. — Graphique des pertes de charge locales, d'après Schweer.

une longueur qui soit à une autre longueur dans un rapport donné.

On relève sur la planche VI, au compas, la valeur de ah , que l'on porte en OA sur une ligne verticale sur le plan même donnant le schéma de l'installation; c'est la représentation graphique de la force hydromotrice. L'on va ensuite porter bout à bout sur cette même ligne toutes les valeurs de $N_n \frac{Z_n}{Z}$ et de $M_n \frac{L_n}{\Lambda}$ et pour que l'équation (42) soit vérifiée il faudra que toutes ces longueurs placées bout à bout aboutissent exactement à l'extrémité de la ligne OA .

Cela posé, on emploie la méthode approchée pour déterminer une première valeur des diamètres du circuit envisagé. C'est-à-dire que, de l'examen des deux graphiques des figures 10 et 11 ou analogues, on déduit par comparaison, la longueur équivalente de conduite que l'on doit ajouter pour qu'elle corresponde à des frottements sensiblement égaux aux résistances locales négligées. On obtient ainsi une longueur fictive L'' à l'aide de laquelle, en se servant de l'abaque

et DE et ainsi de suite. Si après avoir épuisé tous les tronçons on arrive en un point X différent de O, cela prouve que la force hydromotrice n'est pas entièrement absorbée par les pertes de charge. Au lieu d'introduire pour absorber cet excédent de charge, une résistance spéciale sous forme d'un étranglement ou d'une contraction de veine, M. Schweer recommande de remplacer dans un tronçon sur une partie de sa longueur le diamètre qu'on lui avait attribué par le numéro du commerce au-dessous et donne le moyen de déterminer cette fraction de longueur toujours par un procédé exclusivement graphique et à l'aide de l'abaque à règle mobile.

Perfectionnements récents dans les méthodes exactes.

En vous exposant les différentes méthodes qui ont précédé, j'ai parcouru à peu près le cycle de tout ce qui a été fait ayant un certain caractère d'originalité.

Depuis quelque temps, ce n'est plus sur le principe même

de la méthode qu'ont porté les investigations des chercheurs ; ils ont pensé sans doute qu'il était difficile, après ce qui avait été fait déjà, de découvrir quelque chose de bien nouveau. Leurs efforts se sont plutôt dirigés du côté de perfectionnements ayant pour but de serrer d'un peu plus près la réalité que ne le faisaient les procédés de calcul plus anciens. Et à ce sujet, il me faut bien vous dire que, privés de renseignements comme nous le sommes tous sur ce qui se fait chez nous, c'est forcément à l'étranger que je dois m'adresser pour trouver trace de ces perfectionnements. Si quelqu'un d'entre vous, parmi les présents comme les absents, encouragé par la bonne volonté que j'aurai mise à vous résumer ce que j'ai pu apprendre, veut bien à son tour nous apporter quelques lumières sur de nouvelles méthodes s'étant modestement fait jour en France dans l'ombre et le mystère, je n'ai pas besoin de lui dire que je le considérerai comme le bienvenu, et je vous invite tous dès à présent à lui faire honneur de son initiative.

C'est surtout dans les pays de langue allemande que les recherches auxquelles je fais allusion se sont produites. Elles ont en somme porté sur trois points principaux : étude de la variation des températures dans les différents points du réseau ; recherche de la formule exacte traduisant les résistances dues au frottement dans les conduits ; et détermination plus précise des résistances locales.

Répartition des températures dans le réseau. — Vous avez vu que les formules théoriques générales tenaient compte de ce que, par suite des déperditions des conduites dans les locaux qu'elles traversent, les températures vont sans cesse en diminuant de la chaudière vers le radiateur sur les prises, et au contraire en diminuant des radiateurs vers la chaudière sur les retours. Mais vous avez vu également que, dans toutes les méthodes dont je vous ai entretenus, c'est aux formules simplifiées que l'on a eu recours en supposant toutes les prises d'un côté et tous les retours de l'autre à une même température. Il y a là deux causes d'erreur séparées : l'une qui intervient dans la détermination de la surface des radiateurs, car cette surface doit changer suivant que la température moyenne de l'eau à l'intérieur du radiateur est plus ou moins élevée ; l'autre relative à l'influence que ces variations de température ont sur la force hydromotrice et sur le débit nécessaire.

Après avoir admis dans les premières éditions de son ouvrage que la surface des radiateurs pouvait être calculée par la formule

$$C = \left(\frac{t_A + t_{15}}{2} - \theta \right) KS \quad (44)$$

où θ est la température du local chauffé, Rietschel recommande dans sa dernière édition de les calculer plus exactement par la formule

$$C_1 = \left(\frac{t_2 + t_1}{2} - \theta \right) KS \quad (45)$$

pour le radiateur 1 et par des formules analogues pour les autres. Il est certain qu'il y a déjà depuis longtemps un certain nombre d'ingénieurs qui procèdent ainsi un peu partout. — Cela oblige naturellement à faire le calcul de toutes les températures aux différents points de branchement de

tout le réseau. Je vous ferai grâce des formules permettant d'opérer ces calculs, longs évidemment, mais qui ne présentent d'ailleurs aucune difficulté, la différence de température entre les deux points extrêmes d'un tronçon étant à la différence de température entre son origine et l'issue du branchement de même débit sur les retours dans le même rapport que les calories de déperdition dans ce tronçon au total des calories qu'il doit transmettre.

Quant à l'influence sur la circulation des différences de température aux divers points du réseau, M. Rietschel estime qu'elle peut être négligée. Il semble cependant qu'il doive bien y avoir à cela quelques inconvénients. Ces influences agissent en effet de manière fort différente suivant les cas. Alors, en effet, qu'elles ont pour effet en tout état de cause d'augmenter le débit de l'eau qui doit circuler dans tout le réseau, elles ont une action opposée sur la force hydromotrice selon les cas ; elles l'augmentent si la distribution se fait par le haut et la diminuent si elle se fait par le bas. Dans le premier cas, les deux erreurs sont de sens contraire et on peut espérer qu'elles se compensent dans une certaine mesure ; mais, dans le second cas, elles s'ajoutent, et pour des installations importantes, il peut être imprudent de les négliger.

De même, si le radiateur occupant la position la plus défavorable est une batterie en cave assez basse, très peu élevée par suite au-dessus de la chaudière, la force hydromotrice étant alors très faible, il n'est pas indifférent de négliger tout ce qui en réalité peut ou augmenter, ou diminuer cette force hydro-motrice, et en le faisant il semble bien qu'on risque des déboires.

Enfin le travail le plus long et le plus assujettissant si l'on veut tenir compte de l'influence des températures sur la circulation est précisément de déterminer les diverses températures existant aux points de branchement du réseau. Ce travail ayant dû être fait déjà pour déterminer la surface des radiateurs, il n'y a plus que fort peu de peine à se donner pour achever les calculs relatifs à la circulation. Je pense que l'on doit considérer comme très utile de ne pas négliger cette partie du problème.

Déjà en 1907, M. Ernest Lucas, ingénieur en chef, à Budapest avait proposé une solution de cette question. Le temps, dont je dispose ne me permet guère d'entrer dans de longs détails à ce sujet. J'ai plus qu'abusé de votre attention, et je crains bien d'avoir dépassé même le degré de saturation auquel je faisais allusion au début de cette trop longue causerie. Je ne ferai donc que vous signaler, en passant, aussi bien cette méthode que celle de M. Reckungel, toute récente d'ailleurs. Vous comprenez dès à présent, de vous-mêmes, comment l'on peut calculer une hauteur fictive h'' , et des nombres de calories fictifs C'' , produisant le même effet qui résulterait des différences de températures aux différents points. Ces quantités fictives substituées aux quantités qu'elles sont censées représenter et introduites dans les mêmes formules employées plus haut, quelle que soit la méthode suivie d'ailleurs, permettront de résoudre le problème.

Résistances dues au frottement. — Les différents auteurs n'étaient pas d'accord jusqu'à ces derniers temps sur les formules employées permettant de calculer les frottements dans les conduites.

L'école française était attachée soit à la formule de Darcy,

$$\lambda = 0,01989 + \frac{0,0005078}{d} \quad (46)$$

soit à des formules analogues où le diamètre entrerait seul.

L'école allemande s'en tenait à celle de Weisbach qui est précisément la formule (22) donnée plus haut, et où λ s'exprime seulement en fonction de v .

Déjà, il y a quelques années, Lang les avait quelque peu mises d'accord en proposant une formule où λ variait simultanément avec d et v , et qui est la suivante :

$$\lambda = 0,02 + \frac{0,0018}{\sqrt{vd}} \quad (47)$$

pour un degré de rugosité moyen.

Plus récemment, Biel a entrepris à ce sujet une étude vraiment magistrale à la suite de laquelle il a abouti à cette constatation que la circulation de l'eau suivait trois lois différentes selon la valeur de la vitesse, c'est-à-dire suivant que celle-ci se tenait au-dessous d'une valeur déterminée dite vitesse inférieure, ou au-dessus d'une autre, dite vitesse supérieure, ou encore entre les deux, les valeurs de ces vitesses inférieure et supérieure dépendant du diamètre et de la température seulement pour la première; du diamètre, de la température et du degré de rugosité pour la seconde. La fonction est d'ailleurs discontinue, c'est-à-dire que les trois fonctions correspondant aux trois phases des phénomènes sont absolument indépendantes les unes des autres.

Je ne vous donnerai pas non plus toutes ces formules, et me contenterai de vous signaler que, conformément aux constatations de Biel, les vitesses en usage dans les chauffages à eau chaude se tiennent en général au-dessous de la vitesse supérieure et sont rarement plus faibles que la vitesse inférieure. Aussi a-t-on songé à prendre comme formule s'appliquant aux chauffages à eau chaude celle des trois formules de Biel qui se rapporte à la phase intermédiaire, avec le degré de rugosité qu'il a appelé II. Cette formule s'écrit

$$\lambda = 0,026 + \frac{0,0026}{\sqrt{d}} \quad (50)$$

C'est ce qu'a fait en particulier M. le professeur Recknagel dans une méthode dont je vous dirai deux mots tout à l'heure; tandis que d'autres, comme MM. Tichelmann et Thuillard et je vous en parlerai également plus loin, n'ont pas craint de chercher à appliquer dans leur intégralité les formules de Biel, avec leur plus grande généralité.

Je ne veux pas m'attarder trop longtemps à cette question; mais je tiens cependant à ce que vous en saisissiez toute l'importance et compreniez bien à quelles différences notables de résultats on peut être conduit dans les calculs suivant que l'on adoptera l'une ou l'autre des formules envisagées.

Dans ce but, j'ai établi un petit tracé (fig. 12) qui donne, pour les différentes vitesses de 0 à 1 mètre par seconde, les valeurs du coefficient de frottement λ dans différentes hypothèses, à savoir en adoptant :

1° La succession des trois formules exactes des pertes de charge d'après Biel et Tichelmann (traits pleins de la figure);

2° La formule approchée de Biel pour la phase intermédiaire (traits interrompus séparés par trois points).

3° La formule de Darcy (traits mixtes ordinaires);

4° La formule de Weisbach (traits pointillés). Le tracé est fait pour une température de l'eau de 40° et pour deux diamètres, soit 20 et 180 millimètres.

Le seul aspect de la figure montre combien toutes les formules approchées actuelles, quelles qu'elles soient, sont éloignées de la réalité, et combien la question de l'adoption d'une bonne formule est du plus haut intérêt.

Aussi ne faut-il pas s'étonner que le professeur Rietschel,

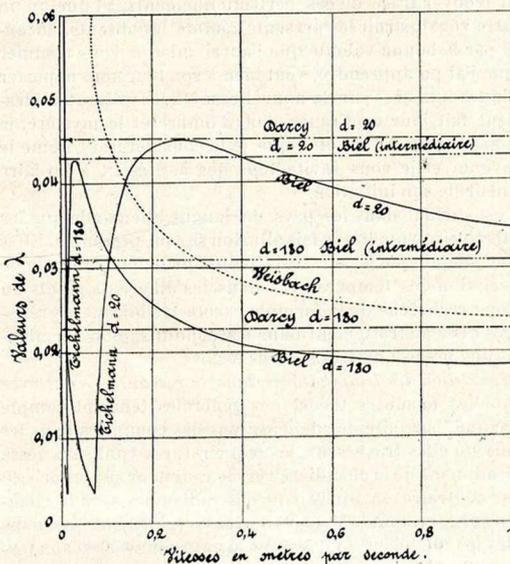


Fig. 12. — Comparaison des coefficients de frottement selon diverses formules en usage.

dont le nom reste attaché à toute la théorie du chauffage à eau chaude, et qui se trouve précisément avoir adopté la formule de Weisbach, l'une des plus incommodes, ait cherché de son côté à entrer dans la voie des perfectionnements sur ce point, comme sur les autres. Il a annoncé, il y a peu de temps, que l'on faisait sous sa direction, à l'École technique supérieure de Berlin, des expériences ayant pour but de découvrir, dans les limites où cela convient pour le chauffage à eau chaude, une formule unique donnant les valeurs des résistances de frottement. Je dois vous dire dès à présent que je considère, et beaucoup de bons esprits avec moi, le problème ainsi posé comme impossible à résoudre. Il paraît impossible de nier aujourd'hui que les trois lois distinctes, mises en évidence par Biel, soient bien l'expression de la réalité; et s'il en est bien ainsi, il n'est certainement pas possible qu'une même formule traduise les trois lois; les mouvements parallèles correspondent à la loi de Poiseuille, celle qui s'applique aux vitesses plus faibles que la vitesse inférieure, ne rentrera jamais dans la loi des autres; or, il existe pour tous les diamètres inférieurs à 50 millimètres, un nombre relativement respectable de cas, où l'on rencontre dans les chauffages à eau chaude, des vitesses se tenant dans ces limites. J'estime en ce qui me concerne, que l'on pourra

assez aisément trouver une seule formule empirique qui embrassera le plus grand nombre de cas ; mais il faudra toujours dans certains autres, recourir à une autre formule quand les vitesses seront trop faibles. A tout prendre, dans la pratique des calculs, des mesures peuvent être prises pour que l'emploi de deux formules distinctes, dans ces conditions, ne procure qu'une gêne insignifiante.

Je ne voudrais pas abandonner cette question des coefficients de frottement sans répondre par avance à une objection qui pourrait être faite.

Vous nous avez montré, pourrait-on me dire, que, suivant que l'on adopte tel ou tel coefficient de frottement, telle ou telle formule pour le déterminer, on arrive en effet à des valeurs très différentes des pertes de charge ; mais, en fait, les pertes de charge ne jouent que le rôle d'intermédiaires dans les calculs, et ce que nous devons envisager en fin de compte, ce n'est pas ces pertes de charge mais bien le rendement des radiateurs, j'entends dire le nombre de calories qu'ils dégagent, car, en fin de compte, c'est là tout ce qui nous intéresse, le but de toute notre installation étant de dégager dans les diverses pièces un nombre de calories déterminé. Or, ce qui prouve bien que si les pertes de charge subissent de très grandes variations, celles-ci n'ont d'autre part qu'une influence secondaire sur le rendement des radiateurs, c'est que l'on a exécuté en France comme ailleurs de nombreuses installations de chauffage à eau chaude, en prenant comme base des calculs les unes ou les autres des formules connues, et que l'on a obtenu partout des résultats très convenables.

L'objection ne manque pas de fondement et semble devoir retenir l'esprit au premier abord. Il est parfaitement exact en effet que les variations dans le rendement des radiateurs sont proportionnellement moins importantes que celles des pertes de charge ; mais cela ne veut pas dire qu'elles soient négligeables, et il est utile à ce sujet de faire une distinction entre les circuits complets et les branchements secondaires. Si nous examinons un des circuits complets, le plus défavorable par exemple, puisque c'est lui qui sert généralement de base première à tous les calculs et que nous cherchions quelle peut être sur lui l'influence de l'adoption de telle ou telle formule par le frottement, nous constaterons en effet que, pratiquement elle est secondaire ; nous obtiendrons très aisément sur ce circuit le dégagement de calories désiré par le radiateur qu'il comporte, seulement la différence de température entre l'aller et le retour ne sera plus la même que celle prévue au projet, et différera suivant que l'on aura fait usage d'une formule ou de l'autre. C'est ce que M. Tichelmann, par exemple, qui a fait successivement usage des formules de Darcy, Weisbach et Biel, a constaté ; il a reconnu que l'emploi de la formule de Weisbach conduisait dans la pratique à une différence de température assez notablement inférieure à celle prévue ; celle de Biel à une différence également plus faible mais dans une proportion moindre ; enfin celle de Darcy à une différence plus forte. Mais en fait, il ne saurait nous être très sensible que l'installation prévue, par exemple, par 25° de différence de température fonctionne avec 22°, 24° ou 26° pourvu qu'elle fonctionne convenablement, c'est tout ce que nous lui demandons, et la consommation du combustible ne sera que faiblement influencée par ces légères différences.

Mais il n'en va plus tout à fait de même si nous considérons maintenant les branchements secondaires. Une fois le réglage fait de manière que le radiateur placé sur le circuit complet choisi comme base de ce réglage dégage précisément la chaleur prévue au projet, il en résulte par la force des choses une différence de température déterminée entre l'aller et le retour, et cette différence de température ne peut plus être changée pour influer sur le rendement des autres radiateurs placés sur les branchements secondaires. Ceux-ci donneront donc plus ou moins selon que l'on aura fait usage de telle formule ou de telle autre, et il n'est plus indifférent de choisir celle qui correspondra à la moins grande variation de ces rendements par rapport à ceux prévus. D'ailleurs dans la pratique des installations existantes, on ne constate pas le plus généralement ces variations, ce n'est nullement parce qu'elles n'existent pas, ni même parce qu'elles ne sont pas importantes ; mais c'est uniquement parce que, 999 fois sur 1.000, on ne se livre à aucune expérience d'aucune espèce sur une installation existante. Les réclamations des clients ne se produisent le plus souvent alors que dans des cas d'infériorité particulièrement flagrante ; le premier devoir d'un bon commerçant est naturellement de leur démontrer d'abord qu'ils ont tout à fait tort, n'y comprennent rien et que tout est pour le mieux dans le meilleur des mondes ; si l'argumentation, établie sur ses bases, n'a pas le succès qu'elle mérite, on augmente d'un ou deux éléments le radiateur incriminé, et c'est encore une manière comme une autre de faire le calcul *a posteriori* ; si enfin les choses se gâtent au point que les tribunaux interviennent, on nomme un expert, mais j'aime mieux ne pas vous dire pourquoi, neuf fois sur dix, sa présence n'aura pas pour résultat de faire retrouver l'origine de l'imperfection constatée. Voilà pourquoi, dans l'état actuel des choses, les radiateurs ne rendent pas ce qu'on leur demande, mais personne n'y prend garde.

Ce n'est pas une raison pour se mettre la tête sous l'aile. Ici, comme ailleurs, l'éducation du public se fera ; parallèlement, le nombre de ceux qui ont à cœur de faire mieux augmentera pour tâcher de satisfaire à des exigences plus sévères parce que plus éclairées ; et il faudra bien alors savoir comment s'y prendre pour éviter ces difficultés. Pourquoi ne pas commencer dès à présent ?

Or il n'y a que deux moyens d'arriver à ce résultat : ou bien donner à tous les branchements secondaires des diamètres un peu trop gros et les munir d'un dispositif d'étranglement pour régler à volonté le débit de l'eau, une fois l'installation achevée, et c'est un moyen relativement peu économique et d'ailleurs fort délicat d'application ; on arrive à la connaissance de la formule qui rend cette précaution inutile.

Je pense que ces quelques considérations auront suffi à vous convaincre de l'importance de cette question.

Résistances locales. — Je viens de vous exposer et de combattre un des arguments des adversaires de l'exactitude, mais ce n'est pas le seul. Une autre raison que l'on invoque aussi, avec une certaine apparence de logique, pour s'en dispenser dans la détermination des résistances dues au frottement, c'est qu'il est assez étrange en soi de prétendre à supprimer les plus petites causes d'erreur dans un des termes de la résistance totale, celui qui a trait au frotte-

ment, pendant que l'autre terme, celui qui se rapporte aux résistances locales, est encore livré aux approximations les plus grossières.

Sans que l'argument soit d'une force inattaquable, il a évidemment bien sa valeur. Mais ne pourrait-on pas conclure aussi que chaque cause d'erreur supprimée est déjà un progrès et que, si l'on fait mal d'un côté, ce n'est pas une raison pour faire mal de l'autre.

Il y a d'ailleurs mieux à dire pour combattre cette manière de voir, et pour vous le faire mieux comprendre, je vous demanderai de revenir à la distinction que je vous ai faite tout à l'heure entre les circuits complets et les branchements secondaires. Dans un grand circuit complet, la proportion des résistances locales par rapport à celles du frottement est relativement faible, par exemple 20 p. 100 ; la plupart de ces résistances locales d'ailleurs ne donnent pas lieu à de trop grandes erreurs d'appréciation, et c'est surtout aux robinets que le raisonnement que je vous ai reproduit ci-dessus peut s'appliquer ; or il n'y a qu'un robinet par circuit complet et ce robinet fait peut-être le dixième ou moins des résistances locales totalisées ; la valeur de cette résistance par rapport à l'ensemble de toutes est donc de 2 p. 100 au maximum.

De sorte que même si l'on considérait comme générale la divergence constatée par M. Tichelmann qui pour un robinet déterminé a trouvé un coefficient de 5 au lieu de celui de 1 que nous appliquons généralement, il se trouverait encore que l'erreur totale commise sur la somme des résistances ne dépasserait pas 8 p. 100. Dans la pratique une semblable erreur serait couverte, comme nous l'avons vu, pour le frottement, par une légère variation de la différence de température entre l'aller et le retour, et ici cette variation serait tout à fait insignifiante.

Mais ce qu'il est plus intéressant de remarquer, c'est la conséquence des erreurs provenant des résistances locales sur les branchements secondaires. Or ici nous ne sommes plus dans les mêmes conditions que pour le frottement ; chaque branchement secondaire n'a qu'un robinet ; tous les robinets sont du même type ; l'erreur, au besoin grossière, commise sur un robinet et sur un branchement se répète sur le robinet et le branchement voisin dans des conditions très comparables, de sorte que, à un degré suffisant pour la pratique, les erreurs se promènent parallèlement à elles-mêmes et influencent respectivement peu les rendements respectifs des radiateurs les uns par rapport aux autres.

Cela ne veut pas dire évidemment qu'il faille laisser les choses en l'état et ne plus s'occuper de ces résistances locales. Le mieux au contraire est évidemment de chercher à combler le vide de nos connaissances en apportant de nouvelles précisions dans leur détermination. M. Rietschel, en même temps qu'il recherche la loi des frottements à l'École technique supérieure de Berlin, a annoncé que ses expériences porteraient aussi sur une détermination plus précise des résistances locales.

De son côté, M. Recknagel a dernièrement montré que la manière ordinaire de compter les résistances locales produites par l'extinction de la vitesse aux endroits où l'eau chaude pénètre soit dans la chaudière, soit dans un radiateur, ne correspondait nullement à la réalité des appareils actuels, en particulier des chaudières et

radiateurs en fonte à éléments juxtaposés. Il y a en fait dans ces appareils une série de résistances opposées au passage de l'eau dans toutes les jonctions d'éléments entre eux, et c'était un côté de la question assez important auquel on n'avait guère pris garde jusqu'alors. Cet élément de résistance peut se calculer *a priori* indépendamment du réseau de conduites et en tenant compte seulement des calories à fournir ; il se traduira dans les calculs par le remplacement du terme ah , force hydromotrice, par un terme ah'' , moindre, tous les autres calculs pouvant alors se faire de même.

Ces quelques considérations générales exposées, je vous dirai quelques mots, avant de terminer, des trois méthodes toutes récentes auxquelles je viens de faire allusion, et qui sont toutes basées sur les formules de Biel.

Méthode de Recknagel. — Un des gros défauts, au point de vue pratique, de la formule de Weisbach était d'exprimer λ en fonction de la vitesse, et d'introduire ainsi de grosses complications dans les calculs. En présence d'une formule plus exacte que celle de Weisbach et dans laquelle λ n'était exprimé qu'en fonction de d , il était tentant pour ceux qui employaient jusqu'alors cette dernière de lui substituer l'autre.

C'est ce qu'a fait M. Recknagel avec la formule de Biel (48) que je vous ai donnée plus haut.

En dehors de cette particularité, sa méthode ne présente rien d'ailleurs que nous n'ayons déjà rencontré dans les autres. C'est la méthode de Rietschel avec les simplifications résultant de l'adoption des formules (6) à (10) et avec les modifications suivantes :

1° Les résultats de l'approximation première sont obtenus par l'emploi de la méthode elle-même fonctionnant comme méthode approchée, et en négligeant les résistances locales autres que celles intérieures aux radiateurs et à la chaudière ;

2° La condition supprimant les inconnues surabondantes est, comme nous l'avons vu plusieurs fois déjà, obtenue en rendant constante la perte de charge par mètre ;

3° Dans le calcul exact fait avec les résultats de la première approximation, les résistances locales sont remplacées par les tronçons droits de conduite de longueur convenable pour donner l'équivalence. Cette manière de procéder est rendue très aisée par l'absence de la variable v dans la formule de Biel.

La formule qui donne la longueur droite équivalente à des résistances locales ζ est :

$$l' = \frac{\sqrt{d^3}}{0,0027 + 0,025\sqrt{d}} \zeta \quad (51)$$

Il suffit alors pour effectuer les calculs simplement d'avoir quelques tables donnant par exemple les longueurs l' en fonction de ζ pour les différents diamètres, pour pouvoir résoudre par les procédés déjà antérieurement décrits, tous les problèmes qui se posent. Ces tables ont précisément été établies par l'auteur de la méthode.

Méthode de Thuillard. — Comme je vous l'ai exposé plus haut, il existe trois formules de Biel pour trois groupes de vitesses différentes, et il n'est pas évidemment très logique théoriquement de se contenter de l'une d'elles alors qu'on rencontre dans la pratique des vitesses sortant tout à fait des limites où elle s'applique.

M. Thuillard s'est occupé de construire un abaque à coordonnées logarithmiques et où les courbes des pertes de charge par mètre tiennent compte de la diversité des lois suivant les vitesses. Cet abaque se compose de lignes entrecroisées, représentant les unes les vitesses, d'autres le nombre de calories, d'autres les diamètres, d'autres encore les pertes de charge par mètre, enfin les dernières, relatives aux ζ .

Cet abaque est ingénieusement fait, mais très fatigant à lire pour les yeux. Les interpolations y sont assez délicates à faire à cause des différents intervalles de lignes parallèles à suivre dans des directions variées.

Quoi qu'il en soit de cette difficulté, on peut, sur l'abaque étant donné un nombre de calories déterminé et une perte de charge par mètre fixée, trouver le diamètre correspondant, puis la vitesse, et à l'aide de celle-ci la valeur des résistances locales par $\zeta = 1$. On peut donc également résoudre tous les problèmes pourvu qu'on parte toujours comme condition supprimant les inconnues surabondantes de la constance de la perte de charge par mètre, ou alors que l'on n'emploie l'abaque que pour une méthode exacte, la première approximation ayant été obtenue par un autre procédé.

Méthode de Tichelmann. — M. Tichelmann a voulu aller plus loin encore, et ne s'est pas contenté de la formule de Biel pour les vitesses comprises entre ces deux vitesses dites inférieure et supérieure. Cette formule est en effet beaucoup moins rigoureuse que les deux autres, et établie un peu arbitrairement. Il a recherché, par des procédés que je ne puis me laisser entraîner à vous exposer, à suivre de plus près la réalité des phénomènes, et il est arrivé ainsi à une formule beaucoup plus complexe, et qu'il est inutile que je vous reproduise ici.

Il a établi à l'aide de cette formule toute une série de tables qui sont d'un usage courant dans la firme dont il est un des propriétaires. A l'aide de ces tables, on peut, pour chaque perte de charge par mètre et pour chaque diamètre trouver le nombre de calories transportées d'une part, et de l'autre, la longueur du tronçon droit de conduite équivalant aux résistances locales.

Ici encore, comme vous le voyez, la méthode comporte la constance de la perte de charge par mètre.

CONCLUSIONS

Je viens de vous tenir pendant de longs instants, Messieurs, sous la contrainte des chiffres et des formules ; j'ai demandé à votre attention un effort soutenu ; j'ai traité devant vous, ainsi que je vous le disais au début un sujet bien aride et bien fatigant pour une conférence, et je crains un peu que vous vous demandiez maintenant si je n'aurais pas aussi bien fait d'introduire dans les flots de mon discours une résistance locale suffisamment considérable pour les réduire à un mince filet. Je vous ai inondés sous un déluge de méthodes variées, et c'est sans doute par simple politesse que vous n'avez pas ouvert vos parapluies et fermé les yeux pour vous isoler au milieu de cette tempête.

Peut-être convient-il maintenant que je mette un peu d'ordre dans cet amoncellement, et qu'après vous avoir, pardonnez-moi l'expression, quelque peu abrutis sous le nombre

des méthodes, je vous donne le fil conducteur qui vous aidera à sortir du labyrinthe et à tirer de mon exposé un certain nombre de conclusions pratiques. C'est dans ce but que je voudrais maintenant, avant de terminer, ajouter quelques mots encore.

Si vous m'avez bien suivi, vous avez pu constater que toutes les méthodes que je vous ai exposées, à quelque classe qu'elles appartiennent, peuvent être divisées en deux groupes principaux : dans l'un de ces groupes, on choisit ou détermine isolément les valeurs des diamètres des diverses conduites, en prenant pour ces valeurs, soit du premier coup, soit en arrondissant les résultats de calcul, un diamètre du commerce que l'on considère comme définitif ; dans l'autre, au contraire, on cherche, si je puis m'exprimer ainsi, à fermer le cycle, c'est-à-dire qu'après avoir choisi d'une manière quelconque des diamètres du commerce provisoires, on vérifie par le calcul si, avec ces diamètres, la force hydro-motrice est complètement absorbée, et on les modifie jusqu'à ce qu'elle le soit.

Les premières méthodes sont d'une application beaucoup plus rapide, les secondes d'une application beaucoup plus sûre. Il y a donc déjà là un critérium certain pour un installateur hésitant qui veut être guidé dans son choix. S'il se trouve simplement en présence d'un avant-projet destiné surtout à faire un devis avant commande, il n'y a aucune hésitation à conserver et c'est à une des méthodes du premier groupe qu'il faut recourir. S'il s'agit au contraire d'un projet définitif pour exécution, il faut distinguer entre les tempéraments des intéressés. S'il se trouve qu'ils mettent en première ligne les questions de rapidité de calcul, et se soucient moins de l'exactitude, il convient évidemment qu'ils adoptent une des méthodes du premier groupe, mais en évitant de s'illusionner sur elle, et en sachant bien qu'ils n'obtiendront que des résultats plus ou moins approchés. Si au contraire l'exactitude et la perfection de l'installation leur sont plus chères que la petite économie de temps réalisée en faisant leur projet plus vite, c'est au second groupe qu'il leur faudra recourir.

D'autre part, si je me permets ici de formuler un avis et de donner un conseil, il semble bien qu'il faut qu'il s'exerce dans le sens d'un progrès quelconque pour chacun.

Voici donc comment je comprends que les choses pourraient se passer :

1° Les installateurs qui sont encore aujourd'hui des zélés du « grand principe de l'œil » dont je vous ai entretenus, feraient un petit effort, et franchissant une première étape, adopteraient une des méthodes empiriques ; en mettant à part la méthode américaine qui ne saurait convenir sur le continent parce qu'elle ne correspond pas aux usages locaux, ils pourraient d'ailleurs adopter l'une ou l'autre d'entre elles, les résultats en pouvant être considérés comme sensiblement équivalents. La méthode empirique de Rietschel serait encore celle qui correspondrait pour eux au minimum de calculs, et ils n'auraient qu'à se procurer les 16 tableaux qu'elle comporte ;

2° Ceux qui emploient aujourd'hui une méthode empirique quelconque auraient tout avantage à réaliser eux aussi un petit progrès en adoptant une méthode approchée. J'estime que celle qui conviendrait le mieux alors est celle que j'ai appelée méthode française et je conseillerais son emploi

de préférence en utilisant soit un diagramme à coordonnées logarithmiques, ou selon le goût de chacun, une règle à calcul spéciale ;

3° A toutes les personnes qui ne rentrent pas dans l'une ou l'autre des deux précédentes catégories, je recommanderai de ne pas hésiter à utiliser une des méthodes exactes. Mais il reste encore l'embaras de savoir laquelle choisir.

Mon avis personnel est que le principe qui correspond à la plus grande commodité d'exécution et qui permet le mieux de suivre toutes les phases du phénomène sans se tromper est celui qui consiste à donner une valeur constante à la perte de charge par mètre, dans chaque circuit. Il est aussi rationnel parce qu'il a comme résultat de diminuer proportionnellement plus les diamètres des gros collecteurs que les autres. C'est donc à une des méthodes qui reposent sur ce principe que je donnerais la préférence, et comme on est en France, dans notre industrie, grand amateur de simplicité, c'est évidemment à celle qui paraît, actuellement la plus simple qu'il semble le plus naturel de s'adresser. Je pense que celle du professeur Recknagel peut être aujourd'hui considérée comme remplissant ces conditions.

Il en est de même de celle dont je vous ai précédemment entretenu incidemment et qui consisterait à compléter la méthode française perfectionnée en tenant compte des résistances locales sous la forme de longueurs équivalentes.

Cependant, comme tous les genres d'esprit ne sont pas les mêmes, il me faut bien avouer qu'il pourra se rencontrer un certain nombre d'ingénieurs qui seront rebelles à un procédé de cette nature, bien que sa complication soit beaucoup plus apparente que réelle. Par ceux-là il n'est pas impossible de trouver un moyen terme, et je pense qu'ils pourraient utiliser avec avantage une méthode analogue à celle que j'ai désignée sous le nom de méthode Jeffreys, en lui faisant quelques petites adjonctions. Voici comment j'entendrais l'emploi de cette méthode. Les diamètres des collecteurs de prise et de retour seraient pris dans un des 16 tableaux empiriques de Rietschel, ce qui serait fait instantanément. En se basant sur ces diamètres mêmes, ceux des

collecteurs verticaux seraient déterminés au jugé. Sur ces données on appliquerait la méthode de Jeffreys, en adoptant pour le faire les divers coefficients donnés par exemple dans les tableaux de M. Schlemmer. Enfin quand de proche en proche on serait arrivé au branchement d'alimentation de chaque radiateur, sachant que l'on aurait à absorber dans le branchement la fraction de force hydromotrice non encore utilisée, on pourrait chercher par la formule de Phillips le diamètre qui permettrait ce résultat, et au besoin encore ménager un étranglement pour achever l'absorption complète de la force hydromotrice.

Personnellement cette méthode est celle des deux qui me semble la moins avantageuse, et elle correspond à l'installation la moins économique, mais je le répète, il faut savoir se prêter aux exigences de chacun et si j'ai mis ainsi deux types de méthodes en avant, c'est parce qu'elles me paraissent bien correspondre précisément à deux états d'esprits très différents et que par suite il semble que, suivant leur tempérament, les intéressés pourront toujours se ranger soit à l'une, soit à l'autre des deux.

Il ne me reste plus qu'à m'excuser du développement insolite que j'ai mis à mon exposition ; je m'y suis trouvé entraîné malgré moi par le sujet ; et c'est en toute indépendance que je suis arrivé aux conclusions qui précèdent. Comme je ne vous ai entretenu d'aucun travail ni d'aucune méthode personnelle, vous aurez bien compris qu'il n'y a dans mon opinion aucune partialité quelconque ni aucun amour-propre d'auteur. Peut-être dans un avenir plus ou moins prochain, commettrai-je moi-même l'indiscrétion d'ajouter aux méthodes existantes une unité nouvelle ; étant alors entré dans la lice, et m'étant mêlé aux malheureux qu'on juge, il me sera plus difficile de juger les autres. Il était donc indispensable que j'épuise mon sujet auparavant ; j'espère qu'en considération des difficultés de la tâche, vous ne m'en voudrez pas si je n'ai pas complètement réussi à vous donner satisfaction à tous.

A. NILLUS.

RENSEIGNEMENTS — REVUE DES PÉRIODIQUES — BIBLIOGRAPHIE

L'enseignement de la technique du chauffage et de la ventilation

Cet enseignement est à proprement parler inexistant en France, et il appartient en somme à chacun de se former lui-même ; on sait en effet qu'il n'y a qu'une de nos écoles où il existe un cours relatif à ces matières ; mais l'on n'ignore pas non plus que ce cours ne comporte qu'un trop faible nombre de leçons, ne constitue qu'un fragment tout à fait accessoire de l'enseignement, et n'a qu'une portée pratique toute relative.

Il n'en va pas de même à l'étranger, et les efforts qui y sont faits sont intéressants à noter pour nous, qui pourrions y trouver d'utiles exemples à suivre, en les appropriant naturellement à notre conception nationale.

Aux États-Unis, les écoles techniques modernes ont été établies sur un principe nouveau, qui consiste à faire perdre le moins de temps possible aux élèves ; dans ce but, on évite de leur donner l'enseignement comme il arrive le plus généralement chez nous, sous la forme de leçons faites à l'amphithéâtre sur des matières non encore étudiées par eux, et au cours desquelles ils doivent à la fois écouter, comprendre, prendre des notes et faire des croquis. On estime avec juste raison qu'il est impossible de réaliser tout cela à la fois, et que le résultat le plus clair de ce mode d'enseignement, est que l'élève perd le fil du discours et quitte l'amphithéâtre sans avoir bien compris, et n'ayant fait comme besogne utile que la prise des notes et des croquis, qu'il lui faut ensuite essayer de comprendre. C'est là du temps et du travail perdus.

En Allemagne, certains bons esprits ont pensé de même et nous voulons signaler aujourd'hui l'enseignement qui est donné à l'école spéciale dite « Technikum Strelitz » et qui se trouve à Strelitz (Grand-Duché de Mecklembourg).

Dans cette école, on distribue préalablement aux élèves des feuilles imprimées, comportant, sous une forme et dans des termes non identiques à ceux qu'emploie le professeur, les matières qui doivent être traitées par lui; de telle sorte que, pendant la leçon, ils peuvent exclusivement porter leur attention à suivre et à comprendre.

L'enseignement comporte deux catégories distinctes de travaux : les cours proprement dits et les exercices pratiques (dessin, mesures, essais, travaux de laboratoire, travaux manuels). Pour ces exercices pratiques où le travail est absolument individuel, on n'impose aucune date d'entrée déterminée; l'élève peut commencer le jour de l'année qui lui convient. Pour les cours, naturellement, il n'en peut être de même, car il faut les prendre au commencement, sous peine de ne pouvoir suivre; aussi pour eux y a-t-il quatre dates d'entrée fixées : 5 janvier, 5 avril, 5 juillet et 5 octobre. C'est là déjà une heureuse innovation que l'on puisse en somme commencer tous les trois mois.

Il y a deux catégories d'élèves : ceux qui suivent le cycle complet des études dans une branche déterminée et poursuivent l'obtention d'un diplôme; ceux, au contraire, que l'on autorise à suivre, comme auditeurs, tels ou tels cours qu'il leur plaît d'entendre.

Il n'y a pas de classes déterminées, comme cela se fait dans nos lycées, et où tous les élèves suivent les mêmes cours. La division est faite par cours traitant chacun d'une matière déterminée, et ces différents cours peuvent être combinés de différentes manières suivant le cycle d'études que l'on veut suivre et la spécialité que l'on embrasse.

L'école supérieure est destinée à former des ingénieurs; l'école secondaire, des techniciens; les cours sont les mêmes que pour les ingénieurs, mais ont un certain nombre de matières en moins. L'école professionnelle est destinée aux monteurs. Dans chacune de ces écoles il y a une spécialité de chauffage et ventilation qui, en fait, pour l'école professionnelle, est confondue avec d'autres branches connexes se rapportant toutes à des installations du même genre.

Dans l'école professionnelle la durée des cours pour les monteurs et installateurs de gaz, eau, chauffage etc., est de trois mois. Le programme comporte des leçons d'écriture; les premiers éléments d'arithmétique, de géométrie, d'algèbre, de physique et de chimie; des notions pratiques sur le chauffage, les combustibles divers, l'éclairage au gaz et électrique; le dessin géométrique, le dessin à main levée, l'exécution des plans d'installation, l'exécution, sur place, des installations, l'analyse des gaz; quelques renseignements sur l'établissement des devis, la tenue des livres, et les premiers secours en cas d'accidents.

La branche chauffage et ventilation comporte pour les ingénieurs un cours préparatoire de 3 mois pour ceux qui n'ont pas les connaissances suffisantes en mathématiques, mécanique, et électricité élémentaire; ensuite un cycle d'étude de 18 mois — au cours desquels on étudie les mathématiques supérieures; la thermodynamique; l'hydraulique; les machines électriques; la technique de la construction, puis des installations; les pompes; le chauffage; la ventila-

tion; les chaudières à vapeur; les moteurs; la technique des métaux; les instruments de mesure; le commerce; la législation. Les exercices pratiques portent sur les éléments de machines, les tuyauteries; les bâtiments privés, publics, et industriels; les cheminées; les installations de chauffage et de ventilation; les pompes et les chaudières. Pour les techniciens, les 18 mois se réduisent à 15 par la suppression d'une partie des mathématiques supérieures, de l'électrotechnique, des moteurs, de l'hydraulique et les exercices pratiques correspondent à des travaux beaucoup plus simples.

Les études sont enfin complétées par la visite faite sous la direction des professeurs d'établissements et d'installations divers se rapportant au chauffage, à la ventilation, au séchage, etc.

Nous avons relevé que du 1^{er} octobre 1909 au 1^{er} octobre 1910 l'école avait donné le diplôme de technicien de chauffage à douze élèves, d'âges variant de 18 à 29 ans, dont 7 Allemands, 2 Suédois, 1 Russe, 1 Suisse, 1 Argentin.

Chauffage et rafraîchissement combinés.

Nous avons eu plusieurs fois l'occasion de montrer qu'il y avait un rapprochement très réel à faire entre les questions de chauffage et de rafraîchissement des locaux.

Il est impossible de trouver ce rapprochement plus intime que dans l'exemple qui est donné dans le numéro de juin 1911 de la *Revue générale du Froid*. Il y est parlé d'une question fort intéressante, celle d'une installation de chauffage pouvant

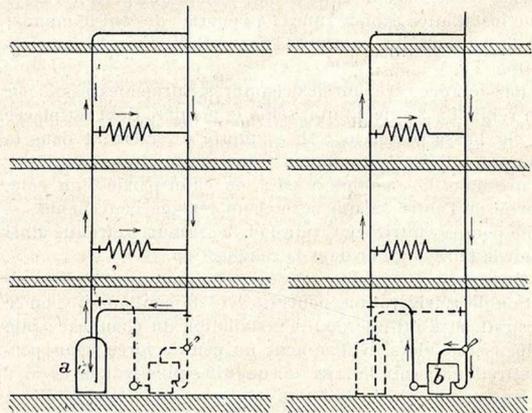


FIG. 1. — Chauffage.

FIG. 2. — Rafraîchissement.

servir en été d'installation de rafraîchissement, par la simple mise hors circuit de la chaudière, combinée avec la mise en action d'un petit appareil réfrigérant spécial dit *Frigator*, et dû à un Suédois, *Lauritz Nilsson*.

La réalisation du dispositif nous a paru assez ingénieuse pour que nous l'indiquions à nos lecteurs. — Les deux figures schématiques 1 et 2 montrent très nettement comment avec la même tuyauterie et les mêmes appareils échangeurs de température, on peut en hiver (fig. 1) avoir le chauffage et en été (fig. 2) avoir le rafraîchissement.

Pour passer d'une saison à l'autre, il suffit, après l'hiver, de vider d'eau toute l'installation qui fonctionnait comme chauffage à eau chaude et de la remplir à nouveau de saumure après avoir dans le circuit remplacé la chaudière *a* par le réfrigérant *b*.

Ce dernier est en quelque sorte une chaudière inversée ; au lieu de le charger de combustible amené du dehors,

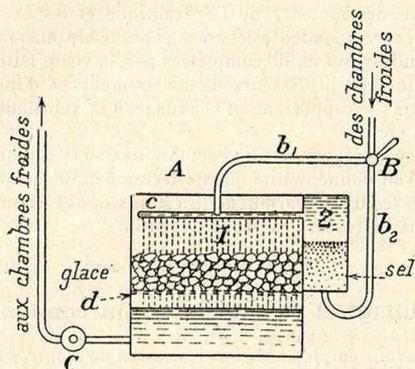


Fig. 3. — Coupe de l'appareil générateur et régulateur du système Frigator.

comme cela a lieu pour la chaudière, on le charge de glace également amenée du dehors, ou au besoin, dans les pays où la chose est possible, produite naturellement pendant la saison froide et conservée ensuite dans une glacière. C'est une installation économique et à la portée de tout le monde. La figure 3 montre comment l'appareil dit *Frigator* est constitué.

La saumure revenant des chambres rafraîchies passe par un robinet à 3 voies *B* qui, selon la manière dont est placée la clé, laisse passer toute la saumure directement dans la rampe *c*, d'où elle tombe en plein sur la glace, ou au contraire dans la chambre à sel *z*, ou enfin partie d'un côté, partie de l'autre, ce qui permet un réglage convenable. — Une pompe centrifuge *C* reprend la saumure refroidie ainsi pour la faire circuler dans la canalisation.

Cette pompe, étant nécessaire au fonctionnement de l'installation de réfrigération, pourrait évidemment aussi, si on le désirait, être utilisée pour l'installation du chauffage ; elle dé penserait alors évidemment un peu de force, mais permettrait au besoin l'usage de conduites plus petites.

Une semblable installation n'a pas encore été réalisée pratiquement ; il nous paraît que l'essai vaut d'être fait ; et comme il ne semble pas que cela doive conduire à de grands frais, il y a là de quoi tenter au moins ceux qui trouvent que la chaleur est plus difficile à supporter que le froid, et il y en a plus qu'on ne le pense.

Histoire de l'hygiène sociale, par le docteur TH. WEYL, avec la collaboration de M. MARG. WEINBERG, traduit de l'allemand par le docteur Robert André, avec une préface de M. le docteur Imbeaux, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 1 volume in-8 de vii-472 pages avec 8 figures et 2 planches hors texte. Paris 1910. Dunod et Pinat.

Cet ouvrage, qui témoigne d'une érudition considérable en même temps que d'une patience de chercheur et d'un remarquable labeur, est intéressant pour tout le monde, profanes comme techniciens de toutes les différentes branches de l'hygiène, aussi bien médecins qu'ingénieurs divers dans toutes les spécialités s'y rattachant. On y trouve en effet résumés, aussi bien classés qu'un sujet si vaste et si obscur en même temps le permettait, une quantité considérable de documents relatifs aux efforts faits par nos ancêtres de tous les pays pour lutter contre les divers fléaux qui désolaient le monde et ont continué d'ailleurs, bien que dans une moindre proportion, à le désoler encore.

Ce qu'il est le plus intéressant de reconnaître en suivant pas à pas cette étude consciencieuse, c'est combien, malgré leur ignorance des bases de la vraie technique, et en se guidant seulement sur l'observation de l'expérience, nos pères étaient arrivés souvent à réaliser des dispositifs et à édicter des prescriptions vraiment remarquables, et dans lesquelles il y aurait peut-être encore aujourd'hui plus à prendre qu'on pourrait le supposer au premier abord.

Pour ne citer que des points ayant plus spécialement rapport aux matières auxquelles s'intéresse particulièrement cette Revue, il serait à souhaiter que tous les peuples modernes fussent aujourd'hui aussi bien pénétrés de l'importance considérable que jouent les bains dans l'hygiène générale, que l'étaient jadis les Romains et après eux un grand nombre de peuples au moyen âge. Il est curieux de suivre l'auteur dans les développements qu'il donne à ce sujet, et de voir comment les bains, considérés généralement au moyen âge comme une nécessité de premier ordre et un agrément, rendus aisés d'ailleurs par l'érection d'un grand nombre d'établissements publics à prix fort réduits, ont été ensuite abandonnés principalement à cause d'abus considérables auxquels ils ont donné lieu et à l'immoralité que leur existence, surtout à l'état d'établissements mixtes, avait laissée se développer.

Nous ne trouvons que peu de renseignements relatifs au chauffage central ; mais nous savons que c'est là une question fort mal connue, et pour laquelle la documentation est insignifiante. Par contre, sur l'installation des hôpitaux, il y a un chapitre fort intéressant à lire. Nous en dirons au tant de tout ce qui a trait aux anciens procédés de désinfection, qu'il s'agisse de désinfection partielle ou même de désinfection générale de villes entières.

Modestement, l'auteur considère son ouvrage comme un premier pas fait dans la recherche de tous les documents se rattachant aux questions de l'hygiène ; il le compare lui-même à un squelette dont l'ossature principale est bien complète, mais dont les plus petits ossements, dispersés dans le cours des temps, ne pourront être rassemblés qu'après de longues années de travail, sans qu'on puisse être même jamais certain de les retrouver tous.

Toutes les sources des recherches minutieuses de l'auteur sont indiquées et ajoutent à l'intérêt de son exposition. C'est par centaines que se comptent tous les ouvrages et documents à consulter et dont la liste est donnée à la fin de chaque chapitre ou paragraphe.

En deux mots, il y a là une sorte de tableau d'ensemble et une mine de renseignements très précieux pour tout le monde.

BREVETS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

BREVETS FRANÇAIS

420556. FEBVRE-MOREAU, 19 septembre 1910. Procédé et dispositif de chauffage et de ventilation. — Ce dispositif de chauffage et de ventilation est caractérisé en ce que la surface chauffante élémentaire affecte la forme d'un parallélépipède à axe horizontal, de faible épaisseur et de grande largeur et dissimulé dans un coffrage approprié.

Les éléments de chauffage *a* sont constitués par des tubes horizontaux disposés en chicane et aboutissant à des collecteurs réunis entre eux et à travers lesquels circule le fluide de chauffage, eau ou vapeur. Ces éléments *a* sont disposés dans un coffre parallélépipédique dont la face latérale est pourvue à sa base et à son sommet d'ouvertures grillagées *b c* qui permettent la circulation de l'air le long de la surface chauffante, cet air pénétrant froid en *b* et s'échappant convenablement réchauffé en *c* dans le local.

420759. GRIMAUD, 24 septembre 1910. Distributeur pour chauffebains à gaz. — L'invention a pour objet un distributeur pour chauffebains à gaz dans lequel l'ouverture et la fermeture du gaz sont effectués automatiquement par le passage de l'eau à travers le distributeur.

Cette automaticité est réalisée tout en ayant une étanchéité absolue entre la chambre de l'eau et celle du gaz sans l'emploi de joint d'une nature quelconque.

Le distributeur comprend essentiellement une arrivée d'eau *a* par laquelle l'eau s'élève dans une chambre *b* de laquelle elle descend dans une cloche *d* pour s'écouler dans un récipient *e* d'où elle est évacuée par *f*. La cloche *d* est réunie à une tige *h* solidaire d'un tube creux *i* et portant la soupape à gaz *m*. Le tube *i* porte des membranes métalliques *o* formées chacune par deux disques sertis sur leurs bords.

L'appareil étant au repos, la soupape *m* est appliquée sur son siège et les disques constituant chaque membrane métallique sont appliqués les uns sur les autres; la cloche *d* est au bas de sa course.

Si on ouvre le robinet d'eau, celle-ci s'élève dans la chambre *b* et soulève la cloche *d* en agissant sur les disques supérieurs de chaque membrane *o* et les soulève ainsi que, d'ailleurs, la soupape à gaz *m* qui restera ouverte tant que durera la circulation de l'eau dans l'appareil.

Si l'on ferme le robinet à eau, la cloche *d* descend, les disques métalliques reprennent leur première position grâce à leur élasticité et la soupape *m* est fermée par l'abaissement de la tige *h* solidaire de la cloche *d*.

421184. MOREAU, 7 octobre 1910. Procédé de chauffage par l'eau à basse pression et dispositif le réalisant. — La présente invention a pour objet un système perfectionné de chauffage par l'eau à basse pression à circulation accélérée mécaniquement par une pompe, ce système étant plus particulièrement caractérisé par l'utilisation d'un groupe moto-pompe semi-rotative avec des radiateurs cellulaires à grande surface active et à faible section pour les canaux internes de circulation de l'agent thermique.

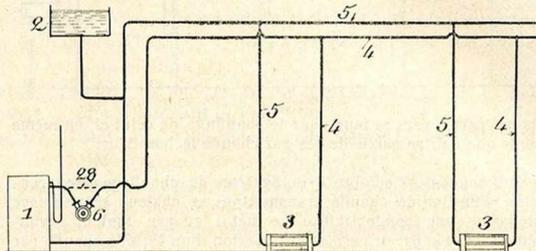
L'installation comporte : à la manière ordinaire, un générateur 1 avec vase d'expansion 2, des surfaces radiantes 3 et des canalisations aller et retour 4-5 assurant la circulation de l'eau chaude et de l'eau froide, laquelle est provoquée par une pompe 6.

Le générateur thermique est constitué par une chaudière tubulaire verticale 1 établie en trois parties s'emboîtant sans ligne de

rivets d'assemblage et sans soudure, de sorte qu'il est facile de la démonter pour la visite ou les réparations.

La partie inférieure, qui supporte la grille et forme le foyer, supporte la partie centrale qui constitue le bouilleur à tubes verticaux de fumée, et la partie supérieure forme chambre de fumée et est traversée ainsi que le bouilleur par une cheminée de chargement.

Le groupe moto-pompe 6 peut être disposé de façon à agir sur



la canalisation d'aller ou sur celle de retour, les tubulures d'aspiration et de refoulement de la pompe étant réunies aux portions correspondantes de la canalisation par des tubes souples ou autres antipulsateurs.

La pompe est d'un type connu sans clapets ni joints et analogue à la machine rotative de Watt, elle est actionnée soit directement, soit par l'intermédiaire d'un système modificateur de vitesse, par un moteur convenable qui peut être un moteur électrique ou un moteur à air chaud empruntant son énergie à la chaudière même. La régulation de la vitesse de circulation s'effectue par le réglage direct de la vitesse de rotation du groupe circulaire, soit en modérant l'admission du fluide, dans le cas d'un moteur à fluide, soit en utilisant un rhéostat, dans le cas d'un moteur électrique. De même, la régulation de la température de l'eau distribuée s'opère en modifiant le régime de marche de la chaudière; on pourrait, évidemment, combiner le rhéostat de réglage du moteur électrique, l'organe d'admission du moteur avec les registres contrôlant l'admission de l'air au foyer et l'évacuation des produits de combustion. Enfin, des robinets d'arrêt à deux directions placés sur les parties de la canalisation aboutissant à l'aspiration et au refoulement de la pompe permettent, par leur manœuvre et la mise en circuit d'un tuyau d'intercommunication 28, d'isoler de la canalisation le groupe circulaire dans le cas de visite ou de réparation.

Ces dispositions permettent de placer les surfaces radiantes 3 au-dessous du plan d'eau de la chaudière; il en résulte que la chaudière étant placée sur le plancher d'un local, il est possible de disposer les surfaces radiantes 3 sur le sol, de sorte que la circulation d'air chaud s'effectue normalement ainsi que la ventilation. D'autre part, les canalisations 4-5 peuvent être placées au même niveau, ce qui simplifie la pose, et le vase d'expansion ne doit pas être nécessairement en charge par rapport aux canalisations.

421013. MAISON DANTON-ROGEAT, 3 octobre 1910. — Système de fourneau à double usage : cuisinière et chauffage d'appartement à l'eau chaude. — Le fourneau est constitué par deux foyers 1-2 chauffant séparément le même four 3, au moyen de deux paraboles, une de chaque côté du four.

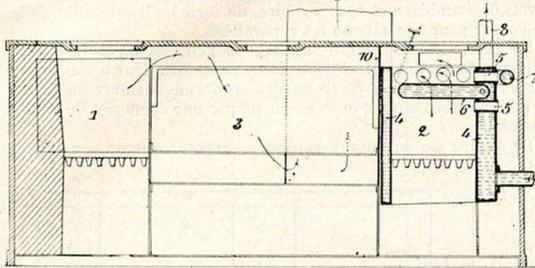
L'un de ces foyers 1 est en briques réfractaires; il est utilisé en été et n'a aucune communication avec la circulation d'eau du chauffage.

Le second 2 est en tôle soudée à l'autogène et constitué par un bouilleur 4 en tôle ondulée; dans le haut, sont placés des tubes 5 à travers lesquels passent les gaz chauffants; deux tubes 6 formant rampe sont placés en avant et en arrière du bouilleur 4, ainsi qu'un troisième 7 à l'extérieur pour élever la température de



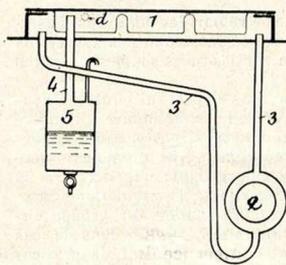
l'eau au moment de son départ dans la canalisation 8; l'extrémité de l'un des tubes 6 est constituée par un cône formant injecteur dans le tube de départ 8.

10 est un registre qui permet aux gaz de chauffage d'être diri-



gés en partie vers le four pour le chauffage de celui-ci, en même temps que l'autre partie de ces gaz chauffe le bouilleur.

421042. LOUIS, 3 octobre 1910. Système de chauffage par circulation d'un liquide chauffé transmettant sa chaleur à la surface d'émission par conductibilité du métal et par chaleur rayonnante. — Cet appareil permet l'utilisation d'un liquide chauffé par



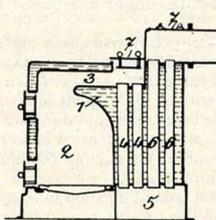
les gaz perdus provenant de moteurs à explosions de voiture automobiles; ce liquide chauffé transmettant, sa chaleur à un radiateur, chauffe-rette ou autre appareil, de telle manière que la transmission de chaleur entre ce liquide et la surface d'émission ne se produise que par conductibilité du métal de la surface d'émission qui n'est que partiellement en contact avec le liquide chauffé, un espace libre existant

entre ce liquide et la surface, d'émission dans le but de n'obtenir qu'une température du métal suffisamment inférieure à celle du liquide.

L'appareil étant rempli d'eau jusqu'au niveau du bouchon *d*, les gaz d'échappement passant par le conduit 2 échauffent l'eau qui circule par 3-3' et la surface d'émission 1; cette circulation est favorisée par la différence de longueur des conduits 3-3'. L'espace libre sans liquide existant à la partie supérieure de l'appareil 4 permet la libre dilatation du liquide chauffé. Dans le cas de dilatation de ce liquide, l'eau s'échappe par le conduit 4 dans le récipient 5 ouvert à l'atmosphère; par ce même conduit 4 l'eau en surplus dans l'appareil 1 est recueillie dans le récipient 5.

BREVETS ANGLAIS

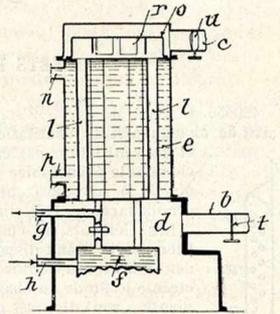
24352. KITCHEN ET BROW, 23 octobre 1909. Chaudière pour le chauffage à l'eau chaude ou à la vapeur. — Dans cette chaudière la boîte à feu est fermée et possède à sa partie supérieure une chambre d'eau horizontale 1 s'avancant au-dessus du foyer 2. Les produits de la combustion passent à la partie supérieure de la boîte à feu dans le carneau 3, descendent dans la chambre à fumée par les conduits 4 et sont finalement évacués à la cheminée 5 par d'autres conduits verticaux 6. La chaudière est munie de tampons de visite convenables 7 disposés pour le ringardage des tubes à fumée 4 et 6.



20750. FENLON, 40 septembre 1909. Appareil pour le réchauffage de l'eau. — Cet appareil consiste en une chaudière fournissant deux alimentations séparées d'eau chaude à différentes températures pour le chauffage des appartements ou pour tout autre usage domestique.

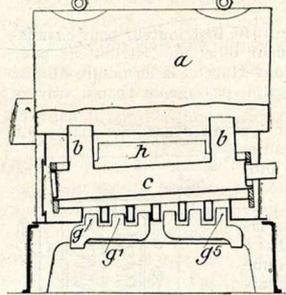
L'appareil est constitué par deux compartiments ou chambres *d e*; le compartiment inférieur sert d'enveloppe à un bouilleur à haute pression *f* muni de conduits de départ et de retour *g h* et fournissant de l'eau très chaude pour les usages domestiques. Ce bouilleur *f* est chauffé par le gaz ou par un foyer à coke ou à charbon.

Le compartiment supérieur *e* constitue une chaudière à basse pression munie également de conduits de départ et de retour *n p* et est destinée au chauffage à l'eau



chaude. Des tubes *l* formant cheminées traversent la chaudière *e* et débouchent dans un couvercle *s* muni de trous *r*. Des conduits de départ des gaz *c b* sont munis de registres *u l*.

Le bouilleur à basse pression sera mis hors d'action en fermant le registre supérieur *a* et en ouvrant le registre inférieur *l*.

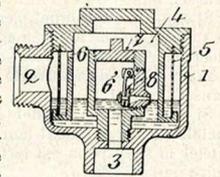


20456. CHUB, 7 septembre 1909. Appareil réchauffeur d'eau. — Cet appareil comporte un réservoir supérieur *a* relié par deux tubu-

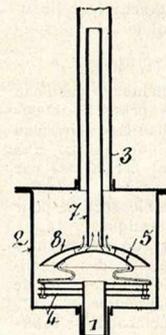
lures *b* à un corps inférieur *c*. Ce dernier est entouré par une chemise dont la partie inférieure est ouverte pour capter la chaleur dégagée par les brûleurs *g g'*; les produits de la combustion de ceux-ci sont ensuite conduits par la tubulure *h* sous la partie inférieure du corps *a*.

BREVETS AMÉRICAINS

979553. PECK, 24 mars 1910. Valve de purge pour radiateur. — Cette valve est composée d'une chambre 1 munie de tubulures d'entrée 2 et de sortie 3 et portant à l'intérieur une seconde chambre 4 entourée par un filtre cylindrique 5. La paroi extérieure de cette chambre communique en 6 avec



la tubulure 2, de façon à permettre à l'eau de condensation de s'écouler à la partie inférieure de la chambre; la tubulure de sortie 3 est surmontée d'un corps de valve 6' fermé par un bouchon amovible 7 et muni près de sa base d'une ouverture d'évacuation fermée par une valve 8 qui est réglée de façon à permettre l'évacuation de l'air et de l'eau de condensation et à maintenir la pression désirée dans le radiateur.



980360. STAPEL, 15 juillet 1910. Accélérateur de circulation pour système de chauffage à l'eau chaude. — Ce dispositif accélérateur comprend, en principe, un conduit 1 recevant de la vapeur et débouchant



dans une chambre à eau 2 dont la partie supérieure comporte un conduit à eau 3. Le conduit à vapeur porte à son sommet des toiles métalliques 4, et, à une certaine distance de son extrémité supérieure, un déflecteur 5 ayant pour but de diriger vers le bas la vapeur arrivant par le conduit 1 et d'effectuer, en combinaison

avec les toiles métalliques 4, un mélange d'eau et de vapeur. Le conduit à vapeur est, en outre, surmonté d'un autre conduit 7 s'élevant à l'intérieur du conduit à eau 3 et terminé par une embase en forme de coupe 8 qui reçoit le mélange d'eau et de vapeur et le dirige par 7 dans le conduit 3.

CHRONIQUE JUDICIAIRE — INFORMATIONS — DIVERS

INFORMATIONS

Association des Ingénieurs de chauffage et ventilation de France (communiqué).

1^{re} Assemblée générale: L'Assemblée générale de l'A. I. C. V. F. a eu lieu le 30 avril dernier au siège social, sous la présidence de M. Durupt.

Après l'allocation du Président, la lecture et l'approbation des rapports présentés par :

MM. DEBESSON, pour le rapport général.

GOBLEY, pour le rapport financier.

FEUILLOLEY, pour le rapport de la commission de placement.

L'Assemblée procéda au vote pour la nomination du nouveau Conseil, conformément aux statuts.

L'ancien Conseil fut réélu pour trois ans, et dans la première séance de ce Conseil tenue à l'issue même de l'Assemblée générale, le Bureau sortant fut réélu à l'unanimité.

A l'Assemblée générale furent admis comme :

Membres titulaires : MM. PILLOT VICTOR, 70, rue Nollet, présenté par MM. Mossé et Mougue;
BESANA (GEORGES), 61 bis, avenue de la Motte-Picquet;

BESANA (JEAN), 61 bis, avenue de la Motte-Picquet, présentés tous deux par MM. Mauhas et Mossé;

Membre associé : M. F. DE MARTINI, Ingénieur à Milan, présenté par MM. Nillus et Le-comte.

2^e Réunion mensuelle du 19 mai 1911 : La septième réunion de l'A. I. C. V. F. a eu lieu le 19 mai dernier au Siège Social sous la présidence de M. Durupt.

S'étaient fait excuser MM. Beurrienne, Boulant, Grasset, Margry, Maubras, Torchet.

A cette séance, ont été admis comme membres titulaires : M. CANNEVA (LUCIEN), 6, rue Barye, présenté par MM. Courtaud et Durupt;

M. HOUBRY, 83, boulevard de Port-Royal, présenté par MM. Courtaud et Feuilleley;

M. GANDILLOT, 143, boulevard Pereire, présenté par MM. Courtaud et Astaix;

M. DEBAINS (ROBERT), 187, rue de Grenelle, présenté par MM. d'Esménard et Guiraud;

M. GUYOL (LÉON), à Rennes, présenté par MM. d'Esménard et Durupt;

M. MATHIEU (HENRI), 9, rue Marie-et-Louise, présenté par MM. Mouradian et Pantin;

M. BACLET (JULES), 15, rue de Jussieu, présenté par MM. Mouradian et Pantin;

M. ALTORFER (JACQUES), 30, rue de Turenne, présenté par MM. Mouradian et Pantin;

M. LANDEAU, 12, cours de Vincennes, présenté par MM. Loubat et Durupt.

Le Président donne la parole à M. Nillus pour traiter des méthodes exactes de calcul dans le chauffage à eau chaude, formant le complément de sa conférence du 15 mars dernier (1).

Cette deuxième partie fut vivement appréciée de tous les auditeurs, et le Président, avant de lever la séance, en remercia vivement l'auteur, au nom de l'Association, et le félicita de ce travail considérable résumant, d'une façon véritablement nette et claire, l'état actuel de la question.

NOTE. — Pendant les mois de juin, juillet et août, période générale des vacances, aucune réunion n'aura lieu.

— Le service de Placement est assuré :

Pendant le mois de *juin* par M. BOULANT;

Pendant le mois de *juillet*, par M. D'ESMÉNARD;

Pendant le mois d'*août*, par M. FEUILLOLEY.

APPAREILS NOUVEAUX — CATALOGUES — CORRESPONDANCE

CATALOGUES

Compagnie nationale des Radiateurs. — Nous venons de recevoir de la Compagnie nationale des Radiateurs divers imprimés concernant les nouveaux articles (réservoirs, robinetterie, outillage et accessoires) qu'elle ajoute à son catalogue. Nous relevons tout particulièrement les chapiteaux et bacs d'évaporation pour radiateur et les signalons à l'attention de nos lecteurs. Ces chapiteaux sont en fonte et le bac d'évaporation est en tôle émaillée. Le dessus du chapiteau est ajouré pour laisser passage à la vapeur d'eau et peut se relever. Le bac d'évaporation est mobile et se

place directement sur les sections du radiateur. Ces chapiteaux, outre leur rôle hygiénique de maintenir l'humidité dans la pièce, terminent les radiateurs et leur donnent un fini qui sera certainement très apprécié.

A. Champesme, constructeur à Paris. — L'Étourneau. — Nous avons reçu de cette maison son nouveau prospectus daté de janvier 1911 et comportant une baisse de prix.

(1) Voir le texte *in extenso* de cette conférence dans le présent numéro de cette Revue, page 109.

CORRESPONDANCE

Comme on le sait, il s'agit d'un appareil à capuchon mobile *roulant sur billes* et qui s'adapte à la partie supérieure du tuyau de cheminée ou du tuyau de ventilation. Le prospectus en dehors de la description de l'appareil et d'un tableau contenant les dimensions et les prix, reproduit une appréciation flatteuse contenue dans un rapport de la Société centrale des architectes français.

En dehors de l'*Étourneau*, il y est fait mention aussi de l'*Aéro-rotatif*, ventilateur à hélice tournant sur billes, pour magasins, boutiques, bureaux, serres, water-closet, etc., et de la *Passe-partout*, boîte d'aspiration pour buées, fumées.

L'envoi du prospectus est accompagné d'une carte postale amusante, dont nous croyons devoir dire quelques mots, parce qu'elle est représentative d'une manière humoristique qui est très iréquente dans la présentation des appareils se rattachant à l'industrie du chauffage et de la ventilation aux États-Unis, tandis qu'elle n'existe chez nous qu'à l'état embryonnaire. Un appareil l'*Étourneau* est assemblé avec des tuyaux de poêle et un *Aéro-rotatif*; le tout figure drôlement un chevalier moyen-âgeux bardé de fer et monté sur une haquenée rouge; de sa lourde lance il perfore tous ses ennemis, représentés en l'espèce par divers dispositifs d'aspirateurs, ventilateurs, ou appareils divers susceptibles de surmonter les cheminées.

Question n° 30. — *Chauffage de l'eau chaude par l'intermédiaire d'un bouilleur.*

1° Veuillez me dire quelle augmentation de puissance doit avoir une chaudière qui chauffe l'eau directement dans un récipient

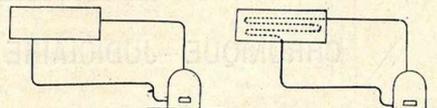


FIG. 1.

FIG. 2.

autoclave (fig. 1) vis-à-vis d'une chaudière qui chauffe l'eau par le moyen d'un serpentin (fig. 2)?

2° Quels sont les avantages des serpentins en cuivre en comparaison de ceux en fer galvanisé?

3° Quelle est la meilleure formule pour calculer la surface de chauffe d'un serpentin?

X., à Villefranche.

BULLETIN MÉTÉOROLOGIQUE

MOIS DE FÉVRIER (1). — 1910-1911

STATIONS	ALTITUDE mètres	TEMPÉRATURE										HUMIDITÉ RELATIVE 0/0		PLUIE TOTAL en millimètres		NOMBRE DE JOURS de gèle		FRÉQUENCE DES VENTS par NORD	
		1910					1911					1910	1911	1910	1911	1910	1911		
		MINIMUM absolu	date	MOYENNE	MAXIMUM absolu	date	MINIMUM absolu	date	MOYENNE	MAXIMUM absolu	date								
Parc Saint-Maur.	50	- 4,4	2	5,3	15,4	22	- 7,1	4	4,4	14,1	17-22	84	82	67,3	10,6	9	13	2,0	12,3
Dunkerque	9	- 4,0	2	5,2	12,5	17-18	- 4,9	4	4,4	11,0	17	85	79	60,0	26,0	5	6	1,6	8,6
Ste-Honorine-du-Fay	118	- 3,8	10	5,8	12,8	17	- 6,4	4	5,0	13,7	18	83	80	84,2	17,3	5	9	1,3	8,6
Jersey	55	2,3	9	7,1	12,0	17	»	»	»	»	»	84	»	115,0	»	0	»	1,6	»
Brest	63	2,8	10	8,6	12,4	17	- 2,6	4	6,8	14,0	26	86	83	124,9	32,1	0	»	2,6	12,»
Nantes	41	- 3,7	10	7,6	14,3	22	- 4,3	4	5,3	12,7	22-26	85	84	160,7	22,4	3	12	2,1	16,»
Langres	466	- 5,0	1-2	2,6	12,0	22	- 8,6	4	4,8	11,0	23	95	90	128,0	38,4	15	16	4,6	11,3
Nancy	221	- 5,0	14	4,8	16,2	22	- 7,8	10	3,2	12,2	23	83	82	100,5	47,8	7	15	5,6	13,»
Besançon	314	- 6,8	14	4,1	17,2	22	- 8,9	4	2,8	13,4	23	77	»	130,3	55,1	11	»	7,3	»
Lyon (Saint-Genis)	299	- 4,5	2	4,7	16,3	25	- 7,6	4	3,5	16,0	23	74	74	58,0	20,1	11	16	6,3	9,»
Clermont-Ferrand	388	- 9,4	2	4,9	17,8	22	- 10,3	4	2,9	17,8	28	74	74	50,4	17,4	11	22	5,3	5,3
Puy-de-Dôme	1467	- 10,3	1	2,7	8,4	22	- 12,1	2	2,2	5,5	20	92	76	278,9	71,7	26	28	3,3	14,3
Bordeaux	74	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Toulouse	194	- 4,8	4	7,0	16,7	19	- 5,3	14	5,9	19,0	23	84	82	92,9	17,4	5	0	0,6	0,6
Bagnères-de-Bigorre	547	- 6,7	1	6,1	18,5	21	- 6,8	5	4,7	19,3	28	72	67	290,3	33,3	6	17	6,6	6,6
Pic du Midi	2856	- 21,5	10	9,0	2,0	17	- 19,3	13	6,0	3,2	17	79	42	391,9	54,8	28	28	5,6	17,»
Perpignan	32	- 2,3	14	8,9	22,2	26	- 2,2	2	9,1	20,6	18	64	60	22,1	5,0	4	3	4,3	5,»
Marseille	75	- 4,5	2	7,8	16,3	7	- 5,6	2	7,8	18,0	18	68	66	40,2	13,8	8	8	12,3	13,3
Alger	39	5,0	1	13,4	23,8	19	6,7	6	13,6	21,6	27	56	63	68,0	26,7	0	0	6,3	19,»

(1) Dernier mois pour lequel les renseignements ont pu être recueillis.

Le Gérant: F. MARGRY.

Paris-Tours. — Imprimerie E. ARRAULT et C^e.