

CHAUFFAGE ET INDUSTRIES SANITAIRES

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

CHAUFFAGE — RAFFRAICHISSEMENT — 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 65. — Calcul d'un séchoir à air chaud avec ventilation naturelle, par M. LECHEVNIER, page 78.

RENSEIGNEMENTS. — REVUE DES PÉRIODIQUES. — BIBLIOGRAPHIE, page 82.

BREVETS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS, page 85.

CHRONIQUE JUDICIAIRE. — INFORMATIONS. — DIVERS, page 86.

APPAREILS NOUVEAUX. — CATALOGUES. — CORRESPONDANCE page 87.

BULLETIN MÉTÉOROLOGIQUE, page 88.

ÉTUDES DIVERSES ET DESCRIPTIONS D'INSTALLATIONS

DES DIFFÉRENTES MÉTHODES DE CALCUL DANS LE CHAUFFAGE À EAU CHAUDE (1)

Par A. NILLUS, Ingénieur-Conseil, à Paris.

MESSIEURS,

Le sujet que j'aborde devant vous paraît bien un peu complexe pour être traité dans une de nos conférences-causeries, et il semblerait au premier abord qu'il eût été mieux à sa place dans une étude écrite, dont on aurait plus facilement suivi le développement à tête reposée, et qui aurait mieux permis d'illustrer le texte par des exemples variés, si utiles pour bien faire comprendre la pensée de l'auteur.

Si je n'ai pas reculé devant les difficultés de la tâche, c'est pour une double raison : la première c'est que je sais que je puis compter sur votre indulgence et je ne me fais pas faute de la réclamer; la seconde c'est que ce sujet de conférence est peut-être celui qui, lors de la consultation officielle à laquelle votre conseil s'est livré auprès de tous les membres

(1) Conférence faite à l'Association des Ingénieurs de Chauffage et Ventilation de France, dans la séance du 15 mars 1911.

de notre association, a réuni de beaucoup le plus grand nombre de voix.

Il en a donc bien fallu conclure que c'était une question sur laquelle un grand nombre d'entre vous désiraient avoir des lumières et je vais essayer de vous les apporter ici, en faisant tous mes efforts pour que ce soient de véritables lumières; c'est pourquoi je tiens à insister dès à présent sur ce point que ma tâche doit consister à vous éclairer tous; si donc quelqu'un d'entre vous découvre au cours de mon exposé un point qui ne lui paraisse pas suffisamment limpide ou qui apporte à son esprit un trouble quelconque, je lui demande de ne pas craindre de me le dire et je me ferai un plaisir de recommencer mon raisonnement, de tâcher d'expliquer mieux et de dissiper les obscurités naissantes.

La première question qui viendra naturellement à l'esprit d'une personne encore novice et que l'on prétendra initié aux arcanes de ce problème, sera évidemment celle-ci : « Pourquoi y a-t-il un aussi grand nombre de méthodes différentes pour le calcul d'un chauffage à eau chaude? N'est-il donc pas possible de reconnaître une supériorité incontestée à l'une d'entre elles par rapport aux autres? Et y a-t-il autre chose qu'un intérêt historique et rétrospectif à les



passer en revue, sinon en totalité, du moins en nombre sérieux ? »

C'est là une question qui en fait trois en réalité, et les réponses à donner séparément à chacune d'elles demandent des développements inégaux. Je les traiterai successivement en commençant par la dernière.

Oui, il y a un intérêt réel à étudier consciencieusement toutes les méthodes qui ont été imaginées jusqu'à ce jour, parce que la solution du problème n'a pas reçu encore sa forme définitive, susceptible d'entraîner les suffrages du plus grand nombre, sinon de tous. Il est donc indispensable, pour les personnes que ces questions intéressent et à qui leurs connaissances premières, le temps dont elles disposent, et aussi leur ingéniosité peuvent permettre d'espérer apporter leur pierre à l'édifice, de bien connaître toutes les solutions partielles antérieures, de se rendre compte du fort et du faible de chacune, et de savoir ce qui a été fait et ce qui reste à faire. Mais il est bon que les autres aussi, tout en approfondissant moins les choses, sachent se rendre compte du point où en est la question, et du degré d'approximation qu'ils peuvent atteindre en opérant d'une manière et de l'autre.

La nécessité absolue de connaître ce degré d'approximation est mise en évidence d'une manière très nette par la réponse que comporte la seconde de nos questions. Il n'est pas possible, en effet, parmi les méthodes actuelles, toutes provisoires d'ailleurs, ainsi qu'il résulte de mes précédentes explications, d'en présenter une à tous les installateurs de chauffage comme étant la meilleure et celle qu'on leur conseille d'employer. Dans l'état actuel de notre industrie du chauffage et de la ventilation, il n'y a pas à proprement parler d'enseignement officiel. Ceux d'entre vous qui ont passé par une de nos Ecoles d'Ingénieurs, supérieure ou non d'ailleurs, savent quel petit bagage de connaissances techniques ils ont emporté avec eux dans cette branche spéciale. La vérité est que chacun se forme presque seul par son énergie et à la force du poignet ; la vérité aussi est que, suivant l'âge des maisons elles-mêmes ou de leurs ingénieurs, selon les circonstances au milieu desquelles les uns ou les autres ont évolué, l'instruction technique professionnelle varie dans des proportions considérables.

Vous savez d'ailleurs qu'un des buts essentiels que s'est proposés notre association est de tendre toutes ses forces vives pour faire cesser dans toute la mesure du possible cette inégalité trop flagrante et contribuer ainsi au progrès général. Mais il n'en est pas moins vrai que, si aujourd'hui un entrepreneur de fumisterie, par exemple, nouveau venu dans les questions de chauffage central, et n'ayant pas eu l'occasion de se mettre au courant, de par ses travaux antérieurs, de tous les éléments techniques et mathématiques de la question, venait me demander une méthode de calcul pour les chauffages à eau chaude, je serais bien mal venu à lui proposer la méthode de Rietschel. Et de même, si je m'adressais à un ingénieur à qui les calculs les plus complexes sont familiers et qui comprend bien leur degré d'utilité, il ne se contenterait assurément pas de procédés empiriques analogues à ceux qui ne sont que trop souvent employés. Et entre ces deux extrêmes, il y a tous les intermédiaires.

Voulez-vous, à ce sujet, me permettre une comparaison dont vous excuserez la fantaisie ? De même que l'air, selon

la température qu'il possède, est susceptible d'un degré maximum de saturation de vapeur d'eau, variable de l'une à l'autre de ces températures ; de même chacun de nous, d'après le potentiel théorique auquel l'a élevé son genre d'esprit ou d'éducation, est susceptible d'un degré maximum de saturation mathématique ; si on le dépasse, la quantité en excès se condense, forme un brouillard épais, et on n'y voit plus que du noir.

Longtemps encore il faudra donc que chacun, parmi la marchandise technique qui lui est offerte par les méthodes concurrentes, choisisse chaussure à son pied ; mais, après avoir pris le type qui lui convient le mieux, il faudra bien qu'il sache l'usage qu'il en peut faire ; ou ne va pas au bal avec des bottines de chasse et l'on ne gravit pas des montagnes avec des escarpins vernis. Il faut donc que celui qui devra se contenter de règles empiriques à approximation grossière sache bien ce qu'il fait, à quels déboires il peut s'exposer quelquefois ; qu'il ne dépasse pas dans cet ordre d'idées un champ d'installations modestes, qu'il s'attende à être conduit à des retouches sur place, qu'il n'aborde jamais les projets un peu compliqués, ou qu'il remette le soin de les lui établir à des personnes compétentes, sous quelque forme qu'il s'adresse à elles. Il faut aussi que celui qui aura la prétention de serrer la réalité d'aussi près que possible sache que cela ne va pas sans un soin méticuleux, et qu'il y faut dépenser du temps, de l'intelligence et de la peine. C'est pour arriver à cette double conviction, d'un côté comme de l'autre, qu'il est nécessaire de se rendre compte comment se pose la question, quelles difficultés elle présente et quelle garantie donne la méthode à laquelle on a une tendance à s'arrêter par suite d'affinité personnelle.

Et nous commençons déjà à comprendre quelles raisons philosophiques ont pu conduire à la naissance de nombreuses méthodes de calcul dans la matière qui nous occupe. Nous allons maintenant entrer un peu plus avant dans la question et rechercher quelles en ont été et en sont encore les raisons pratiques. Ce sera une manière de répondre à la première des trois questions posées plus haut.

Toutes ces raisons pratiques de divergences peuvent être classées en trois groupes distincts :

Premier groupe de divergences. — Comme tous les problèmes qui ne sont pas d'une très grande simplicité, celui du chauffage à eau chaude peut être traité avantageusement aussi bien par des procédés graphiques que par le calcul.

Il est évident que telles personnes auront une préférence marquée pour les procédés exclusivement graphiques, telles autres pour les calculs seuls, et d'autres enfin pour une combinaison des deux méthodes.

C'est là une source toute naturelle de différenciation dans les méthodes qui n'a rien de particulier à la question qui nous occupe, puisqu'elle est d'ordre général, et sur laquelle il n'y a pas autrement lieu d'insister.

Deuxième groupe de divergences. — Lorsque nous allons pénétrer tout à l'heure au cœur même de la question, nous constaterons que, si on le pose dans des conditions qui correspondent rigoureusement à la théorie et tiennent compte de tous les éléments, le problème de la détermination des éléments d'un chauffage à eau chaude est d'une telle complexité qu'il y faut, pour venir à bout des calculs, introduire forcément un minimum de simplifications ; celles-ci,



en rendant la solution possible, lui enlèvent naturellement un peu de sa rigueur mathématique. Or ce minimum de simplifications est évidemment arbitraire et peut être l'objet d'appréciations très différentes d'une personne à l'autre. Nous verrons plus loin que, suivant la manière dont on l'aura envisagé, on aura pu passer des méthodes les plus complexes et les plus exactes aux plus simples et aux plus grossières.

Troisième groupe de divergences. — La question du chauffage à eau chaude est de celles qui se présentent avec des données surabondantes; je vous demande d'emprunter cette expression à la théorie de la résistance des matériaux. J'entends par là que toutes les quantités qui entrent en jeu ne dépendent pas forcément les unes des autres dans des conditions telles que, lorsqu'une d'elles a été déterminée, toutes les autres s'ensuivent. On peut, au contraire, en choisir

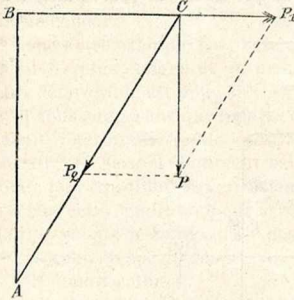


Fig. 1.

arbitrairement quelques-unes, et, selon la manière dont on les choisit, ou suivant la loi qu'on les oblige à suivre, on se trouve en face de problèmes tout différents.

Je voudrais faire bien comprendre ma pensée par un petit exemple palpable et que j'emprunterai aussi à la résistance des matériaux. Si nous envisageons le système articulé ABC, que nous admettrons par exemple être la grue ramenée à sa plus simple expression (fig. 1), la charge P qui agit à l'extrémité ne peut se décomposer que d'une seule manière, d'après le parallélogramme des forces, et elle donne une traction P_1 sur le bras horizontal BC et une compression P_2 sur la jambe CA. Si, au lieu de cette grue élémentaire articulée, nous en choisissons au contraire une plus voisine des conditions de la pratique et conforme au tracé de la figure 2, les articulations pouvant être supprimées, le problème change tout à fait de nature, parce que nous avons ici des quantités surabondantes.

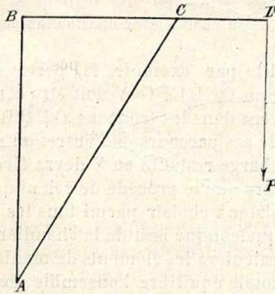


Fig. 2.

Avec une disposition comme celle-là, nous pourrions faire à notre gré une hypothèse première et, suivant la manière dont elle aura été faite, nous arriverons à des appareils tout différents. Nous pouvons poser par exemple que les branches AC et CD feront un ensemble solidaire indéformable et que la branche BC sera un simple tirant; ou au contraire nous pouvons admettre que ce sont les deux branches BC et CD qui ne font qu'une pièce et que la branche AC sera une contre-

fiche destinée à soutenir en partie la poutre horizontale.

Dans le premier cas nous aurons un engin analogue à celui de la figure 3; c'est-à-dire aux engins de levage à bras mobile. Dans le second cas nous aurons la grue d'atelier ordinaire de la figure 4 par exemple.

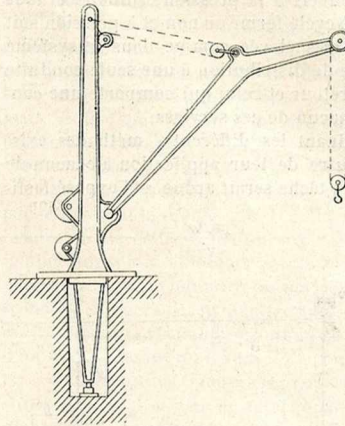


Fig. 3.

Si j'ai fait cette petite digression, c'est pour faire ressortir par une image frappante et facile à tracer combien des résultats peuvent être dissemblables, uniquement comme conséquence d'une simple

hypothèse différente à l'origine. Or des phénomènes du même ordre peuvent se rencontrer également dans le problème du chauffage à eau chaude, et nous verrons plus loin que le champ de ces hypothèses possibles est suffisamment étendu.

J'ai tenu dès l'abord à bien faire ressortir devant vous et à classer méthodiquement en trois groupes ces causes diverses. Elles sont, vous vous en rendez compte maintenant, Messieurs, susceptibles de multiplier à l'infini les divergences résultant de la combinaison des divergences partielles qui proviennent de l'un ou de l'autre de ces trois groupes. Je vous demande de ne pas perdre de vue cette classification, qui peut avoir quelque intérêt pour mettre de l'ordre et de la clarté dans les idées, mais dont nous n'aurons plus à reparler dans la suite.

Il est en effet matériellement impossible, à cause des combinaisons mêmes auxquelles je viens de faire allusion, de faire rentrer une méthode dans un des groupes plutôt que l'autre. Mais cela est au surplus inutile, car, si j'ai été suffisamment clair, vous aurez bien gravé dans votre esprit ces trois catégories, et vous les reconnaîtrez aisément de vous-mêmes chaque fois que nous aborderons l'examen d'une méthode déterminée ou la comparaison de deux d'entre elles.

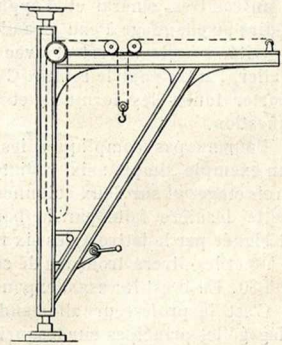


Fig. 4.

Formule générale rigoureuse du chauffage à eau chaude. — Vous savez qu'il existe plusieurs modes de chauffage à eau chaude: le chauffage

par simple gravité d'une part, et toute la série de ceux à circulation accélérée ou des combinaisons de l'un et de l'autre; le chauffage en cycle ouvert à la pression ordinaire et tous les types de chauffage à cycle fermé ou non et à pression soit moyenne, soit même très élevée comme dans le système Perkins; enfin le mode de distribution à une seule conduite servant à l'aller et au retour et celui qui comporte une conduite distincte pour chacun de ces services.

S'il fallait, en examinant les différentes méthodes existantes, s'occuper en outre de leur application à chacun de ces dispositifs variés, la tâche serait ardue, et l'exposé fasti-

comme suite à cet échauffement, il s'est produit une circulation dans tout le réseau, il arrive au bout de quelque temps que le régime est établi, et c'est pour cet état de régime naturellement que le réseau doit être calculé; car à ce moment, de toute évidence, il se produit cette circonstance que la charge créatrice de mouvement ou force hydromotrice, qui existe en un point quelconque, fait équilibre à toutes les résistances subséquentes. Prenons, par exemple, ce qui se passe au point O; la charge existant en ce point, doit faire équilibre à toutes les résistances venant après, quel que soit le branchement que nous suivions; autrement

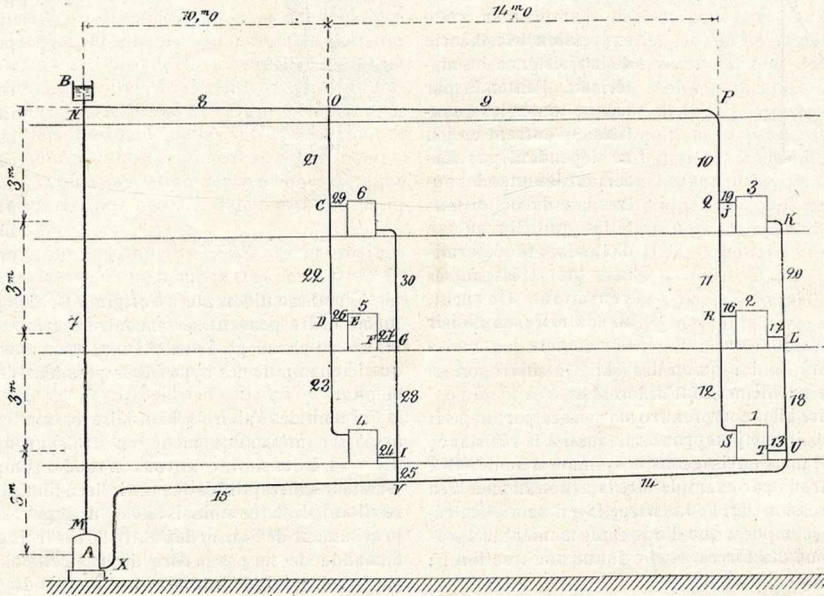


FIG. 5. — Schéma d'une installation de chauffage à eau chaude avec distribution par le haut.

dieux. Je vous demanderai donc de m'en tenir uniquement à un cas très général et d'application très courante, c'est-à-dire au chauffage à eau chaude fonctionnant par simple gravité, à cycle ouvert et avec double conduite, une pour l'aller, l'autre pour le retour. C'est à ce cas que vont se rapporter toutes les formules et explications dont il va être question.

Pour ne pas compliquer les choses, nous allons choisir un exemple simple : six radiateurs seulement répartis sur trois étages et sur deux colonnes verticales de distribution, cette dernière faite par le haut (fig. 5). La chaudière est désignée par la lettre A, les six radiateurs par les chiffres de 1 à 6 et les divers tronçons de conduite par les nombres de 7 à 30. En B est le vase d'expansion.

C'est le professeur allemand Rietschel qui a le premier dégagé les principes sur lesquels on peut baser un procédé rationnel de calcul d'un chauffage à eau chaude.

Il a recouru pour cela à trois notions élémentaires, que je vais vous rappeler : celle du *circuit le plus défavorable*; celle de la *vitesse possible*; enfin celle de la *vitesse nécessaire*.

Lorsque l'eau s'est échauffée dans la chaudière A et que

dit, par exemple, la perte de charge dans les tronçons OCDEFGIV doit être la même que celle qui se retrouvera dans les tronçons OPQRSTUV, et que l'on suive un de ces parcours ou l'autre, ou même encore un troisième, la charge restante en V devra être la même. On comprend dès lors que le procédé de calcul qui s'impose de suite doit consister à choisir parmi tous les parcours possibles un circuit quelconque issu de la chaudière et y retournant, et dont on calculera les éléments de manière que la force hydromotrice totale équilibre l'ensemble des pertes de charge; tous les autres circuits secondaires seront considérés comme se rattachant à celui-là, c'est-à-dire comme issus d'un de ses points de branchement pour aboutir à un autre de ces mêmes points et ils seront calculés de manière que les pertes de charge y soient équilibrées par la différence entre la charge existante au point de départ et la charge restante au point d'arrivée.

Mais si l'on procède ainsi d'une manière arbitraire, il pourra arriver que le circuit complet choisi au début conduise à l'adoption de diamètres relativement faibles sur lesquels il viendrait s'en greffer, pour des branchements secondaires, de plus gros; cela serait évidemment irrationnel et



paradoxal et quelquefois même impossible à réaliser. Pour éviter cet inconvénient, le meilleur moyen est de choisir pour premier circuit le circuit le plus défavorable, c'est-à-dire celui qui en tous ses points doit conduire à l'adoption des plus grands diamètres; ce sera évidemment le plus souvent celui qui correspondra simultanément à la charge la plus faible et à la résistance la plus grande, c'est-à-dire celui qui contiendra le radiateur le plus éloigné et le moins élevé au-dessus de la chaudière; si ce n'est pas le même radiateur qui remplit ces deux conditions, il faudra rechercher si c'est le plus éloigné ou le moins élevé qu'il conviendra plutôt de choisir.

Dans notre exemple particulier (fig. 5) le radiateur 1 est à la fois le plus éloigné et un des moins élevés; le circuit le plus défavorable est donc MNOPQRSTUVX.

Si nous supposons que tous les éléments qui le constituent soient déterminés, quelle sera la vitesse possible dans ce circuit? Ce sera évidemment celle pour laquelle la charge totale fera équilibre aux résistances. Il nous suffira donc d'écrire cette condition pour avoir une équation nous donnant la valeur de cette vitesse possible.

Désignons respectivement par :

t , les températures;

H , les hauteurs verticales occupées par les différents appareils ou tronçons de conduites;

δ , les poids spécifiques;

C , les pertes de chaleur en calories par heure;

v , les vitesses en mètres par seconde

et supposons que ces lettres seront affectées d'un indice égal au nombre qui sur la figure 5 représente le tronçon de conduite ou l'appareil correspondant; de telle sorte que t_A sera la température à la sortie de la chaudière, t_{12} celle à la sortie du tronçon 12; H_1 la hauteur entre les orifices d'entrée et de sortie du radiateur 1; H_9 la hauteur verticale occupée par le tronçon 9; δ_7 , le poids spécifique moyen régnant dans le tronçon 7, etc.

L'équation indiquant que la charge fait équilibre aux pertes de charge sera la suivante :

$$\left. \begin{aligned} H_A \delta_A + H_7 \delta_7 - H_8 \delta_8 - H_9 \delta_9 - H_{10} \delta_{10} - H_{11} \delta_{11} - H_{12} \delta_{12} \\ - H_1 \delta_1 - H_{13} \delta_{13} - H_{14} \delta_{14} - H_{15} \delta_{15} \\ = \frac{v_A^2}{2g} \delta_A R_A + \frac{v_7^2}{2g} \delta_7 R_7 + \frac{v_8^2}{2g} \delta_8 R_8 + \dots \\ \dots + \frac{v_{14}^2}{2g} \delta_{14} R_{14} + \frac{v_{15}^2}{2g} \delta_{15} R_{15} \end{aligned} \right\} (1)$$

Les quantités R que je ne vous ai pas définies jusqu'ici y représentent ce que nous pourrions appeler les coefficients de résistance totale; ils se composent eux-mêmes de deux termes: l'un relatif au frottement de l'eau dans les tuyaux et l'autre aux résistances locales, et on peut les écrire:

$$R = \frac{\lambda}{d} l + \zeta \quad (2)$$

étant entendu que :

l = la longueur du tronçon en mètres.

d = le diamètre intérieur également en mètres.

ζ = la somme des résistances locales.

λ = un coefficient relatif au frottement.

Je vous avais annoncé dès le début une formule compli-

quée; vous voyez que je n'avais pas tort de la qualifier ainsi; mais je voudrais en passant vous faire toucher du doigt déjà deux points importants. Non seulement cette formule est compliquée, mais vous voyez que, telle quelle, elle n'est pas résoluble. Comme je vous l'ai indiqué précédemment, il s'y rencontre des inconnues surabondantes; chaque appareil ou tronçon a sa vitesse particulière $v_A, v_7, v_8, \dots, v_{15}$ et l'on peut dès le début choisir à son gré une relation quelconque permettant de relier chacune de ces vitesses à l'une d'entre elles; on peut par exemple les supposer toutes égales, ou admettre qu'elles seront telles que la perte de charge totale par mètre sera la même, etc. D'autre part vous voyez que la résolution de cette équation suppose que l'on connaît les températures aux différents points; or, pour avoir ces températures, il faut connaître les pertes de chaleur de chaque tronçon, et par suite connaître aussi son diamètre, ce qui est justement la véritable inconnue du problème: vous sentez donc dès à présent qu'il sera indispensable, si l'on veut arriver à une solution rigoureuse, d'opérer par approximations successives, c'est-à-dire de déterminer d'abord les diamètres en question d'une manière approchée, de manière à en déduire la valeur des températures et par suite celle des poids spécifiques moyens.

Je n'avais donc rien exagéré en vous parlant de complication; mais ce n'est pas tout. Je vous ai entretenu jusqu'ici de la vitesse possible; nous devons aussi envisager la vitesse nécessaire.

Le but que nous nous proposons est de chauffer des locaux au moyen de radiateurs à eau chaude; dans ces radiateurs il entre un certain volume d'eau à une certaine température pour en sortir à une autre, et la quantité de chaleur cédée est égale au produit du poids d'eau qui passe par la différence de température. Comme nous devons obligatoirement donner pour chaque radiateur une quantité de chaleur déterminée, la vitesse nécessaire sera celle qui assurera le débit correspondant à cette quantité de chaleur. Nous pourrions écrire :

$$\frac{C_1}{t_{12} - t_1} = 3.600 \times 1.000 \frac{\pi d^2}{4} \delta_{12} \cdot v_{12} \quad (3)$$

La vitesse possible est la seule que nous puissions avoir; la vitesse nécessaire est celle que nous devons absolument réaliser: pour que le problème soit résolu, il faut donc que nous écrivions que ces deux vitesses sont égales.

En résumé donc, le problème dans toute sa généralité et sa rigueur se conçoit de la manière suivante. Nous commencerons par choisir à notre gré des relations commodes reliant entre elles toutes les autres vitesses à la vitesse v_{12} et les substituerons dans la formule (1). De cette formule nous tirerons alors la valeur de v_{12} et l'égalons à celle que nous tirerons de la formule (3). Nous aurons ainsi une relation définitive entre les diamètres, les poids spécifiques, les hauteurs, les longueurs et les coefficients de résistance que nous résoudrons par approximations successives.

Quand nous aurons ainsi procédé, nous aurons obtenu la valeur des diamètres des conduites constituant le circuit le plus défavorable. La manière d'opérer pour le surplus est absolument analogue.

Prenons par exemple le circuit secondaire QJKLU qui renferme le radiateur 3, et écrivons que dans ce circuit et



dans le tronçon QRSTU du circuit le plus défavorable qui a la même origine et le même aboutissement, les différences de charge font équilibre aux différences de pertes de charge. Nous obtiendrons :

$$\left. \begin{aligned} &H_{11} \delta_{11} + H_{12} \delta_{12} + H_1 \delta_1 + H_{13} \delta_3 + \frac{v_{11}^2}{2g} \delta_{11} R_{11} \\ &+ \frac{v_{12}^2}{2g} \delta_{12} R_{12} + \frac{v_1^2}{2g} \delta_1 R_1 + \frac{v_{13}^2}{2g} \delta_{13} R_{13} = \\ &H_{19} \delta_{19} + H_3 \delta_3 + H_{20} \delta_{20} + H_{18} \delta_{18} + \frac{v_{19}^2}{2g} \delta_{19} R_{19} \\ &+ \frac{v_{13}^2}{2g} \delta_3 R_3 + \frac{v_{20}^2}{2g} \delta_{20} R_{20} + \frac{v_{18}^2}{2g} \delta_{18} R_{18} \end{aligned} \right\} (4)$$

De même nous aurons pour équation de la vitesse nécessaire :

$$\frac{C_3}{l_{19} - l_3} = 3.600 \times 4.000 \times \frac{\pi d_{10}^2}{4} \delta_{19} v_{19} \quad (5)$$

la relation (2) servant toujours à donner la valeur de R.

Les équations (4) et (5) sont de forme générale absolument identique aux équations (1) et (3); elles se résolvent exactement par les mêmes procédés. De telle sorte que nous avons bien là le moyen théorique général de déterminer successivement les diamètres de tous les tronçons de conduite.

Cette manière d'opérer doit donc être considérée comme représentant la solution rigoureuse et générale du problème et, en vous l'exposant, j'ai rempli la partie la plus ardue et ingrate de ma tâche. J'espère que je n'aurai pas paru trop fastidieux, et je vous demanderai maintenant de bien conserver, pour le retrouver en temps opportun, le souvenir de ces relations. Cependant, avant de les abandonner complètement, il est indispensable pour la clarté de l'exposition que je vous montre dès à présent ce que ces formules générales deviennent si l'on fait une première série de simplifications posées dès l'abord par Rietschel et qui se retrouvent d'ailleurs dans la majeure partie des méthodes que nous allons envisager ; ces simplifications consistent : 1° à négliger les déperditions des conduites par radiation, c'est-à-dire à supposer les températures constantes dans le réseau des conduites d'aller d'une part et dans celui des conduites de retour d'autre part; 2° à supprimer dans les équations (1) et (4) les termes spéciaux relatifs aux résistances dues aux radiateurs proprement dits et à la chaudière, en admettant qu'elles seront comptées comme résistances locales dans les conduites se raccordant aux uns et aux autres.

Dans ces conditions, on peut admettre que tous les δ qui sont coefficients des termes en H seront remplacés par δ_7 , pour les conduites d'aller et δ_{15} pour les conduites de retour, et que tous ceux qui sont coefficients des termes en v^2 seront remplacés uniformément par leur moyenne.

Si donc l'on pose :

$h =$ la hauteur verticale de milieu en milieu des radiateurs au-dessus de la chaudière.

$$\alpha = 2 \frac{\delta_{15} - \delta_7}{\delta_7 + \delta_{15}} \quad (6)$$

$$A = 3.600 \times 4.000 \times \frac{\pi}{4} \times \frac{\delta_{15} + \delta_7}{2} \quad (7)$$

on obtient les relations suivantes :

L'équation (1) devient :

$$a h_1 = \frac{1}{2g} \sum_A^{15} v^2 R \quad (8)$$

L'équation (4) devient :

$$a (h_3 - h_1) = \frac{1}{2g} \left[\sum_{19}^{18} v^2 R - \sum_{11}^{13} v^2 R \right] \quad (9)$$

Les équations (3) et (5) peuvent s'écrire d'une manière générale :

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

étant entendu que :

Le signe \sum_p^q indique une sommation faite par tronçons successifs en suivant le sens de la circulation de l'eau, et en partant du tronçon p inclusivement pour aboutir au tronçon q inclusivement.

D'autre part n désigne l'indice d'un tronçon quelconque ayant à transporter un nombre de calories égal à C_n .

Et maintenant, j'en ai terminé pour quelque temps avec les formules d'apparence un peu rébarbative.

Je vais les laisser provisoirement reposer, et examiner successivement quelles sont les différentes méthodes que l'on peut employer pour faire des calculs pratiques, et dans quelle mesure elles se rattachent à la théorie rigoureuse générale ou s'en éloignent. Dans cet examen, pour vous changer un peu les idées et vous reposer de l'effort d'attention que je vous ai demandé déjà, nous progresserons en partant du simple pour aboutir au complexe, et, pour plus de facilité, nous diviserons les installations de chauffage en deux classes distinctes : d'une part celles où les radiateurs ne sont pas de plain-pied avec la chaudière et pour lesquelles, faute d'autre dénomination, nous adopterons celle de *chauffages ordinaires*; d'autre part les *chauffages de plain-pied*. Le temps dont je dispose et la complexité du sujet m'ont contraint de laisser de côté les chauffages de plain-pied ; je ne m'occuperai donc que de ceux dits ordinaires.

A un autre point de vue, je vous demanderai également de faire une autre espèce de distinction et de diviser, en ce qui concerne ces chauffages ordinaires que nous allons examiner, les diverses méthodes en trois classes que je désignerai par les noms de *méthodes empiriques*, *méthodes approchées* et *méthodes exactes*.

Quelques mots d'explication sont nécessaires à ce sujet, parce qu'il importe de bien comprendre le sens que je prétends attacher à chacune de ces expressions, qui ne représentent évidemment par elles-mêmes rien de rigoureusement absolu, et pour lesquelles il convient par conséquent de ne pas s'attacher à une interprétation différente de celle que j'ai en vue.

J'appelle *méthodes empiriques* celles qui ne prennent pas leur origine dans la théorie rationnelle que je viens de vous exposer ; la théorie peut y jouer d'ailleurs un rôle quelconque, mais ce qui les distingue essentiellement, à mon point de vue, c'est que ce rôle n'est que secondaire, et que la base même de la méthode réside dans l'adoption de données expérimentales, dans la détermination au jugé de certains éléments, enfin dans le choix de formules tellement rudimentaires qu'elles négligent la plupart des éléments de la question.

Par opposition à celles-là, je donne le nom de *méthodes exactes* à toutes celles qui, basées sur la théorie rationnelle,

correspondent à des efforts réels pour faire entrer en ligne de compte tous les éléments de la question, dans la mesure du moins où la chose est réalisable, et pour se rapprocher le plus possible de l'exactitude mathématique. Mais il faut bien comprendre que je n'entendrai jamais dire par là que cette exactitude soit atteinte; nous avons vu plus haut qu'on ne pouvait réellement songer à l'obtenir en pratique.

Enfin, entre ces deux classes, on peut en considérer une intermédiaire. Les méthodes que j'y rattache seront, elles aussi, basées sur la théorie rationnelle, et non plus sur des données empiriques; mais elles auront moins de prétentions à l'exactitude; elles négligeront intentionnellement certains éléments de la question dans un but de rapidité et de simplification, elles participeront par suite des avantages et des inconvénients des deux classes précédentes, mais sans les avoir au même degré. Je les ai dénommées *méthodes approchées*, bien que cela ne veuille pas dire grand'chose en soi-même, et qu'il résulte des quelques explications que je viens de vous donner qu'en fait toutes les méthodes en usage ne sont qu'approchées.

Il faut donc considérer en somme ces trois expressions comme des désignations commodes et ne pas y attacher d'autre importance.

Je n'ai pas besoin de vous dire d'ailleurs à quel point cette classification est tout arbitraire et vous comprenez de vous-mêmes qu'il puisse être assez délicat quelquefois de décider si telle ou telle méthode sera comprise dans une catégorie ou dans une autre. Vous ne cherchez donc là qu'un moyen pratique d'apporter un peu d'ordre et de classification dans une question qui en exige à cause de sa complexité même.

Méthodes empiriques.

Dès que l'on parle de méthodes empiriques, il faut distinguer au premier abord, et en insistant fortement sur cette distinction, deux catégories différentes, d'après l'intention qu'ont eue leurs auteurs en les mettant au jour. Les uns ont prétendu donner un procédé définitif sans correctif ultérieur et que l'on puisse utiliser tel quel pour effectuer les calculs complets d'un projet dans la pratique; les autres au contraire n'ont eu en vue que de donner un moyen commode et pratique de déterminer rapidement et avec une approximation plus ou moins grande les éléments inconnus de la question, de manière à utiliser cette opération comme premier stade de la méthode d'approximations successives dont je vous ai entretenus plus haut, et ils ont considéré encore que leur méthode pouvait être suffisante pour établir un premier avant-projet dans le but de faire un devis, mais ils se sont défendus de la manière la plus formelle de la présenter comme un procédé définitif et ont même recommandé de ne la jamais employer comme telle.

C'est évidemment là une distinction de première importance, mais qui n'a qu'une portée purement philosophique. Quelle qu'ait pu être l'intention d'un auteur en produisant une méthode, il va de soi qu'il ne saurait empêcher ceux qui l'appliquent de le faire, comme cela n'arrive que trop souvent, dans des conditions toutes différentes de celles qu'il avait en vue. En fait, dans la pratique, on peut raconter des personnes qui utilisent ces méthodes les unes d'une

manière, les autres de l'autre, quelle que soit l'idée qui ait présidé à leur naissance, et il me faut bien alors les mettre sur le même pied pour vous les présenter. Les observations suivantes que j'aurai à vous faire sur elles, prises ainsi en bloc, malgré leur différence d'origine, seront donc les mêmes et il faut dire de suite qu'elles donnent raison à la deuxième manière d'envisager leur utilité.

En fait, elle peuvent rendre de grands services à titre d'approximation première, ou pour établir un avant-projet et un devis; mais il est toujours dangereux de les utiliser comme moyen définitif. Aucune d'elles ne permet de proportionner convenablement les diamètres des divers branchements; les débits réels qui correspondent à ces branchements sont différents de ceux sur lesquels on avait compté et par suite les radiateurs donnent les uns plus, les autres moins de chaleur qu'on ne le désire; pour corriger ces ennuis après coup, il faut introduire des résistances sous une forme quelconque dans les divers branchements et les régler par tâtonnements successifs, ce qui est un travail fastidieux et dispendieux toujours, et le plus souvent d'ailleurs impossible à réussir pour une installation un peu importante où le nombre des circuits différents et des radiateurs est assez considérable.

Cela posé, j'avouerai volontiers que l'on peut faire à mon argumentation deux objections sur lesquelles je vous demande de m'arrêter un peu.

Un installateur pratique et ami des réalisations, et vous savez si elles sont à la mode aujourd'hui, pourrait me dire, d'une manière un peu moins brutale peut-être mais sans que sa pensée en soit modifiée pour cela, qu'il importe peu de faire une installation qui ne réponde pas exactement aux conditions du programme, si le client ne s'en aperçoit pas, si ses intérêts sont entre les mains d'un architecte qui n'est pas assez compétent pour faire ce contrôle et préfère laisser les choses aller que d'entrer dans une voie vraisemblablement dangereuse pour son prestige. Pour une fois sur cent que le contraire se produira, la peine qu'on se sera donnée ne sera pas suffisamment rémunérée, et il vaut mieux alors laisser dormir les x et les y . A quoi je répondrai qu'une seule installation manquée et officiellement connue comme telle, fait souvent plus pour ruiner la considération d'une maison que plusieurs installations réussies pour la bien établir; et je dirai aussi à ce contradicteur supposé qu'il nous signale là l'existence d'une de ces mares stagnantes, aujourd'hui à la mode aussi, et que nous ne connaissons que trop. Mais le progrès est en marche; et nous pouvons espérer que cette mare disparaîtra, non pas avec les autres, car qui sait quand ce serait! mais avant elles, et en emportant au loin ses miasmes délétères. Et alors ceux qui n'auront pas su se tenir à la hauteur des événements seront pris au dépourvu, et le terrain perdu ne se rattrape pas vite.

D'autre part on peut m'objecter aussi qu'il y a vraisemblablement bien des personnes encore qui n'emploient même pas ces méthodes empiriques et se sont affranchies de toutes entraves, même aussi légères que celles-là. Je n'oserais pas protester que c'est là une manière pessimiste d'envisager les choses, et cette question me remet en mémoire de vieux souvenirs d'École. Nous avions alors, par plaisanterie, érigé à l'état de principes immortels deux procédés

de calcul et de dessin, que nous glorifions volontiers à toute occasion: il s'agissait d'obéir d'une part au *Grand Principe de l'OEil* et aussi de se laisser guider par le *Sentiment de la Continuité*. Je ne voudrais pas affirmer que, de même que M. Jourdain faisait de la prose sans le savoir, il n'y a pas aujourd'hui encore beaucoup de personnes qui soient, sans s'en rendre compte peut-être, et sans y mettre de malice assurément, de fervents sectateurs de ces deux immortels principes et surtout du premier. Évidemment, à ceux-là, à qui bien souvent il manque non pas de la bonne volonté, mais seulement des renseignements, nous ne demanderons pas d'un seul coup de franchir toutes les étapes; nous leur conseillerons même de ne gravir qu'un échelon à la fois et pour cela les méthodes empiriques leur seront d'un premier secours et constitueront un progrès et une transition; ils seront sages seulement, pendant cette période préparatoire, de se contenter de modestes installations qui ne leur procurent pas trop de déboires.

Méthode américaine. — Le genre d'esprit des ingénieurs des États-Unis ne les porte généralement point vers les abstractions mathématiques ni les calculs compliqués. C'est de l'autre côté de l'Atlantique que le chauffage à eau chaude, né ailleurs, a trouvé son grand développement, et cependant il faut bien dire qu'à de rares exceptions près on en est resté là-bas aux méthodes rudimentaires et empiriques du début. Chacun a son tableau et ses coefficients, et leur caractère le plus saillant à tous n'est pas de briller par la concordance. Depuis quelque temps, l'Association américaine des Ingénieurs de chauffage et ventilation fait de sérieux efforts pour unifier, autant sur cette question que sur les autres, tous les coefficients et toutes les méthodes.

Cela m'entraînerait trop loin de présenter ici un tableau synoptique des différents chiffres que tels ou tels auteurs sont d'avis d'adopter. Je me contenterai de vous fournir les données exposées par M. William G. Snow dans un ouvrage relativement récent, puisqu'il date de 1907; les nombres qui figurent dans ses tables représentent d'ailleurs assez bien une moyenne de ceux qui sont employés de côté et d'autre aux États-Unis. Ces tables sont aisées à établir; elles sont basées comme point de départ sur cette constatation pratique qu'un tube de 2 pouces de diamètre intérieur, long de 30 m. 50 et fonctionnant comme collecteur horizontal, peut alimenter 18 mq. 60 de surface de radiation environ; tandis qu'une conduite de branchement vertical de 1 pouce et demi de diamètre alimenterait 9 mq. 30 au premier étage; 13 mètres carrés au second; 16 mq. 25 au troisième et 18 mq. 60 au quatrième. Les chiffres pour les collecteurs horizontaux ne s'appliqueraient qu'à des édifices de trois étages au plus; au delà ils seraient à modifier. En admettant que le mètre carré de surface de radiation corresponde en moyenne à 400 calories, sur les données de M. William G. Snow, on obtient la table suivante, s'appliquant, conformément à ce que j'ai annoncé plus haut, au chauffage à circuit ouvert avec distribution par en haut.

Les partisans de la grande simplicité doivent trouver ici leur compte et nous sommes loin des formules compliquées auxquelles nous a conduits l'examen rationnel de la question. Le point de départ est empirique et la théorie n'intervient que pour passer d'un diamètre à l'autre et sous cette

TABLEAU I

Calories transportées par les conduites (*Méthode américaine*)

DIAMÈTRES INTÉRIEURS DES CONDUITES		CALORIES TRANSPORTÉES				
Nominal en pouces	Réal en millim.	Collecteurs horizontaux de 30 ^m ,50 de long avec 3 étages au maximum	BRANCHEMENTS VERTICAUX			
			Rez-de-chaussée	1 ^{er} étage	2 ^e étage	3 ^e étage
1	25		4 225	4 710	2 120	2 380
1 1/4	33,2	2 800	2 640	3 860	4 600	5 280
1 1/2	40,9	4 000	3 710	5 200	6 500	7 450
2	52,4	7 430	6 950	9 750	12 400	13 950
2 1/2	62,7	11 670	10 850	13 600	18 600	20 300
3	78,0	20 060	18 700	28 000	32 400	37 050
3 1/2	91,4	28 960				
4	102,3	39 380				
4 1/2	114,3	52 390				
5	128,0	69 420				
6	153,9	109 990				
7	178,3	159 040				
8	202,6	217 380				

forme peu complexe qui consiste à écrire que pour tous ces diamètres la valeur de $\frac{v^2}{d}$ est constante. Il est facile de constater, en se reportant à la formule (2), que cela revient à écrire qu'on néglige ζ , tandis que λ est le même pour tous les diamètres. On sait combien cette hypothèse s'écarte de la réalité; au surplus les longueurs de conduite ne jouent aucun rôle dans ce tableau. De sorte qu'en fin de compte le procédé se caractérise ainsi: empirisme à la base; approximation très rudimentaire ensuite. Ce sont bien là les caractères essentiels qui répondent à notre définition des méthodes empiriques.

Je ne vous engagerai pas à utiliser les données de cette table pour un projet où la question de prix jouerait un rôle sérieux, car elle vous conduirait à des diamètres plus gros que ceux qui sont réellement nécessaires; un exemple que je vous exposerai plus loin nous en donnera une première idée.

Je viens de vous présenter, Messieurs, une des tables qui sont employées aux États-Unis, mais vous comprendrez sans peine qu'il ne serait pas possible de vous donner maintenant pour toutes les méthodes du même genre et reposant sur des principes analogues, une reproduction de tous les tableaux auxquels elles correspondent. Cela me mènerait beaucoup plus loin même que vous ne sauriez l'imaginer. Je me contenterai donc, pour chacune d'elles, de vous fournir les indications nécessaires pour que vous puissiez vous rendre compte de ce qu'elle est et quelques données permettant la comparaison.

Méthode de Birlo. — Alors que la méthode que j'ai appelée américaine s'emploie là-bas presque partout comme procédé définitif, celle-ci n'a été présentée par son auteur que pour servir aux avant-projets et comme première approximation.

Elle repose sur une formule en partie empirique et déduite en partie aussi des trois formules fondamentales (1) (2) et (3) en simplifiant par approximation lointaine tout ce qui peut l'être. Cette formule est une relation entre le diamètre, la distance verticale entre le milieu du radiateur et

le milieu de la chaudière, et enfin le nombre de calories. On peut l'écrire, toujours en supposant un chauffage à circuit ouvert et une distribution par en haut, sur la forme

$$hd^5 = 0,416 C^5 \quad (14)$$

dans laquelle

h = la distance verticale de milieu en milieu du radiateur à la chaudière, en mètres;

d = le diamètre en millimètres;

C = le nombre de calories à l'heure.

Avec cette formule on détermine pour chaque radiateur le diamètre du petit branchement d'alimentation et d'évacuation qui lui est propre.

Pour la détermination des colonnes montantes et descendantes qui alimentent ces petits branchements, M. Birlo a dressé une table pour des hauteurs H variant de 1 mètre à 20 mètres et pour des diamètres de conduites de 10 à 51 millimètres. Cette table s'applique seulement aux branchements verticaux. Pour les collecteurs horizontaux, on les divise en deux catégories. Si la distance maximum du branchement le plus éloigné à la chaudière ne dépasse pas 25 mètres, on donne au collecteur dans chaque tronçon le diamètre du commerce tel que la section de passage soit au moins égale à la somme des sections de tous les branchements verticaux ayant abouti dans le collecteur avant le tronçon envisagé. Pour des éloignements supérieurs à 25 mètres on choisit le diamètre du commerce supérieur d'un numéro à celui qu'on aurait déterminé comme il vient d'être dit pour 25 mètres.

Dans un but de comparaison, je donne ci-dessous quelques-uns des chiffres du tableau de Birlo.

TABLEAU II

Calories transportées par les branchements verticaux
(Méthode de Birlo).

DIAMÈTRE des branchements verticaux en millim.	CALORIES TRANSPORTÉES			
	H = 3	H = 6	H = 9	H = 12
25	3.210	4.550	5.600	6.440
32	5.990	8.450	10.350	11.900
38	9.100	12.900	15.800	18.300
45	13.900	19.750	24.400	27.800
51	18.900	26.800	32.800	38.000

Cette méthode de Birlo était celle même dont le professeur Rietschel avait recommandé l'emploi, pour avant-projets et comme approximation première, dans les éditions antérieures de son ouvrage classique sur les installations de chauffage et ventilation. Dans sa dernière édition, il a supprimé le tableau dont je viens de donner un extrait, ne voulant plus être responsable de calculs faits soi-disant d'après ses données et dans lesquels on se servait des résultats obtenus à l'aide de ce tableau pour un projet définitif et en vue de l'exécution.

Pour éviter cet inconvénient, il recommande maintenant une méthode empirique, dont je vais vous dire quelques

mots et dans laquelle il a laissé intentionnellement à la sagacité des ingénieurs le soin de déterminer, d'après les données de leur expérience, certaines parties de l'installation.

Méthode empirique de Rietschel. — Ce que je viens de vous dire me dispense d'affirmer que le professeur Rietschel insiste pour qu'il ne soit jamais donné à cette méthode le caractère d'un procédé définitif. Elle se rapproche d'ailleurs un peu plus que les précédentes de la méthode complète rationnelle, puisqu'on y prend aussi comme point de départ le circuit le plus défavorable, tel que nous l'avons défini plus haut, et qu'on calcule les éléments d'une manière différente suivant que l'excès de température de l'eau entre l'aller et le retour se rapproche de 20° ou 30°.

On procède d'abord à la détermination du diamètre du tronçon qui, dans le circuit le plus défavorable, alimente uniquement le radiateur; on utilise pour cela la formule

$$d = \alpha \sqrt{C} \quad (12)$$

les notations étant les mêmes que dans la formule (11) ci-dessus et α représentant un coefficient dont la valeur, toujours pour circuit ouvert et distribution par le haut, varie de 0,36 à 0,62, suivant qu'il y a trois étages au maximum ou plus de trois étages, suivant aussi que la distance horizontale à la chaudière du radiateur le plus éloigné varie de 0 à 100 mètres.

Pour les autres conduites d'alimentation de radiateurs et pour tous les branchements verticaux, Rietschel s'abstient intentionnellement de donner une indication quelconque sur un procédé de détermination approximatif. Une fois connu le diamètre de la conduite d'alimentation du radiateur le plus défavorable, on sait que toutes les autres conduites d'alimentation ne peuvent lui être qu'inférieures ou égales, pour un même nombre de calories transportées, et que, toutes choses égales d'ailleurs, les radiateurs d'un étage déterminé demandent des conduites plus faibles que celles de l'étage immédiatement inférieur. Sur ces bases, un ingénieur expérimenté pourra faire assurément un choix judicieux au jugé.

Restent les collecteurs horizontaux de prise et de retour.

Pour leur détermination approximative, Rietschel donne 16 tableaux dont les uns s'appliquent à une température de 20° entre l'aller et le retour, les autres à une différence de 30°; les uns à des bâtiments dans lesquels le plus haut radiateur est à 12 mètres au moins au-dessus de la chaudière; les autres dans lesquels il est plus haut; les uns enfin pour lesquels le radiateur le plus éloigné de la chaudière en est distant de 25 mètres au maximum, d'autres de 50 mètres, d'autres encore de 75 mètres; les derniers de 100 mètres.

Voici quelques extraits du tableau donnant pour un excès de température de 20° entre l'aller et le retour le nombre de calories transportées par les collecteurs horizontaux dans le cas où le radiateur le plus éloigné n'est pas à une distance horizontale de la chaudière supérieure à 25 mètres et où le radiateur le plus élevé n'est pas à plus de 12 mètres au-dessus d'elle.

TABLEAU III

Calories transportées par les collecteurs horizontaux
(Méthode empirique de Rietschel).

DIAMÈTRES DES COLLECTEURS HORIZONTALS en millimètres	CALORIES TRANSPORTÉES			
	HAUTEUR AU-DESSUS DE LA CHAUDIÈRE DU RADIATEUR LE PLUS DÉFAVORABLEMENT PLACÉ			
	0,50	1,00	2,00	3,00
34	4.500	2.300	3.400	4.500
39	2.400	3.600	5.500	7.000
43	3.500	5.500	8.500	11.000
49	5.000	7.500	11.000	15.000
64	8.000	13.000	20.000	26.000
76	13.000	21.000	31.000	41.000

Je vous ferai toucher du doigt en passant le défaut de la cuirasse des méthodes empiriques, quand on veut les employer à autre chose qu'à la seule destination qu'elles devraient avoir, si j'appelle votre attention sur ce point que pour un excès de 30° entre les températures à l'aller et au retour, au lieu de 20°, le nombre des calories transportées varie dans les tableaux de Rietschel, toutes choses égales d'ailleurs, du simple au double; vous vous rendrez bien compte par suite des erreurs que l'on peut commettre, si l'on ne fait pas intervenir dans les calculs cet élément important de la question. Si j'ai reproduit d'ailleurs quelques extraits d'un tableau correspondant à 20°, c'est parce que ceux des deux méthodes précédentes sont faits pour un excès de température voisine de cette valeur, et que la comparaison peut ainsi être faite plus utilement.

Méthode empirique du capitaine Mathieu. — Il s'agit ici d'une méthode qui nous vient de Belgique, mais qui, je dois vous le dire dès l'abord, pour ne pas que vous vous effrayiez trop de la multiplicité des procédés dont j'ai cru devoir vous entretenir, n'est pas à proprement parler une méthode distincte. C'est en somme la reproduction de la méthode de Rietschel, dont je viens de vous parler, mais avec l'adjonction de formules ou indications permettant de suppléer, pour la détermination des parties que Rietschel a laissées intentionnellement dans le vague, au manque de renseignements que sa méthode comporte à ce sujet.

M. Mathieu recommande l'emploi, pour la détermination du diamètre des petits branchements d'alimentation et d'évacuation spéciaux à chaque radiateur, d'une formule donnée par Phillips et reproduite dans l'ouvrage classique de Ser. Je reviendrai plus loin sur cette formule à propos des méthodes approchées, et vous montrerai comment elle peut être établie. Je me contenterai ici de la reproduire sous la forme légèrement modifiée que lui a donnée M. Mathieu, en y remplaçant les poids spécifiques de l'eau par leurs valeurs en fonction des températures tirées de la formule empirique de Planat, sur laquelle je reviendrai également. Dans ces conditions et en conservant les notations employées jusqu'ici, la formule de Phillips modifiée peut s'écrire :

$$d_n = 0,0037 \sqrt[5]{\frac{C^2 \Sigma l}{h_n (t_n - t_{15})^3}} \quad (13)$$

dans laquelle :

n = l'indice de radiateur envisagé;

Σl = la longueur totalisée du circuit complet dans lequel entre le radiateur, en partant de la chaudière pour y revenir.

La détermination des dimensions des branchements verticaux se fait par totalisation des sections des branchements d'alimentation et d'évacuation, au fur et à mesure qu'on les rencontre.

Enfin les collecteurs horizontaux sont choisis conformément aux tableaux empiriques de Rietschel. A propos de ces tableaux de Rietschel, M. Mathieu s'est livré à de patients travaux pour rechercher s'il ne serait pas possible de n'employer qu'un au lieu de 16, en se contentant de multiplier dans chaque cas particulier les données de ce tableau unique par des coefficients divers qu'il établit. Il a même cherché une formule empirique traduisant les données de ces tableaux, établis par leur auteur suivant une loi qu'il n'indique pas. Je pense qu'il est de beaucoup préférable dans la pratique de s'en tenir à des tableaux tout faits, surtout quand il s'agit de lois empiriques, plutôt que de recourir à des formules dont l'application demande un temps beaucoup plus long.

Méthodes diverses. — Vous n'aurez pas manqué de remarquer que les diverses méthodes que je viens vous exposer, et dont je puis réduire le nombre à trois, les deux dernières en réalité n'en faisant qu'une, sont bien caractéristiques. L'une d'elles donne un tableau pour la détermination des diamètres des branchements verticaux et les dimensions des collecteurs s'en déduisent par sommation des sections; une autre abandonne à peu près à l'arbitraire ou résoud par des sommations de sections la détermination des branchements verticaux et donne au contraire un tableau pour celle des collecteurs horizontaux; le tableau de la troisième enfin, qui est d'ailleurs la première dans l'ordre d'exposition, s'occupe à la fois des collecteurs et des branchements. Ces trois types de méthodes, qui sont les plus répandus, embrassent donc d'autre part à peu près tous les modes de réalisation, et sont évidemment les plus intéressants à connaître. Mais cela ne veut pas dire qu'ils soient les seuls.

Il en existe beaucoup d'autres, et un certain nombre d'entre vous le savent aussi bien que moi. Qui est-ce qui n'a pas son petit tableau et sa petite méthode empirique spéciale, que j'appellerai, si vous le voulez bien, la *méthode x y z*, pour caractériser l'incertitude de son origine. Un ingénieur ou un dessinateur, le plus souvent étranger, est arrivé un jour dans une maison, ayant en poche une série de tableaux tous de forme analogue, c'est-à-dire donnant le nombre de calories susceptibles d'être transportées par des conduites, dans telles et telles conditions bien déterminées. Les tableaux paraissent intéressants; on en essaye l'application dans la pratique à des installations que l'on a à exécuter; on trouve qu'ils donnent des résultats convenables, tout en correspondant par exemple à des diamètres plus petits que ceux que l'on choisissait antérieurement; cela suffit à faire adopter les tableaux en question et à leur donner le droit de cité; l'expérience aidant, on les corrige empiriquement de ci de là, et l'on est en présence d'une nouvelle méthode. Outre que je ne saurais naturellement les connaître toutes, car ce sont là souvent des secrets jalousement gardés, il me faudrait, et sans grand profit pour vous, employer beaucoup de temps à

vous en entretenir, si je le désirais. Il me semble que les quelques mots que je vous ai dits des trois précédentes méthodes vous suffiront; avant de les abandonner toutefois définitivement, j'ai pensé que vous verriez avec intérêt une comparaison, même sommaire, de ces trois méthodes illustrée par un exemple particulier.

Supposons donc que nous revenions au dispositif de la figure 5 et admettons que tous les étages ont trois mètres, y compris le sous-sol, que l'excès de température est de 20° entre l'aller et le retour, que les deux branchements verticaux sont distants de la chaudière horizontalement l'un de 10 mètres et l'autre de 24 mètres; enfin, que chaque radiateur doit dégager 2.500 calories à l'heure. Il est facile de se rendre compte que ces données rentrent toutes dans les cas d'application des trois tableaux que nous avons reproduits. Nous pouvons donc avec chacun d'eux déterminer, par exemple, les dimensions du circuit le plus défavorable; c'est ce que nous avons fait dans le tableau synoptique suivant.

TABLEAU IV.

Comparaison entre les trois méthodes empiriques.

DÉSIGNATION des TRONÇONS	MÉTHODE AMÉRICAINNE	MÉTHODE DE BIRLO	MÉTHODE EMPIRIQUE DE RIETSCHEL
	diamètre en mm.	diamètre en mm.	diamètre en mm.
7 — 8 — 15	78	45	49
9 — 14	62,7	32	43
10	62,7	32	34
11	40,9	32	25
12 — 13	33,2	25	20

Les chiffres mêmes de ce tableau me dispensent de commentaires. J'y veux seulement, pour conclure, trouver un argument de plus, dans la divergence même des résultats, pour vous montrer à quel point une méthode plus exacte s'impose pour permettre de sortir de semblables incertitudes.

Méthodes approchées.

J'ai défini plus haut ce qu'il fallait entendre par les expressions de *méthodes approchées* et de *méthodes exactes*. Quand on veut employer une de ces dernières, toutes basées sur l'utilisation des formules de (1) à (5), ou même de (6) à (8), il est impossible, nous l'avons vu, de procéder autrement que par approximations successives. Le premier stade de cette approximation peut être réalisé, ainsi qu'il vient d'être dit, par l'emploi d'une méthode empirique appropriée; mais on peut aussi procéder autrement.

Vous savez que ce qui caractérise surtout une méthode exacte c'est d'abord le choix de la relation ou des relations qui suppriment les inconnues surabondantes; c'est ensuite le mode de réalisation des opérations diverses soit par calculs, soit par tracés graphiques; c'est enfin, mais en dernier lieu, la nature des diverses simplifications de la formule générale auxquelles s'arrête l'auteur de la méthode. Or, on conçoit fort bien que, si l'on conserve les deux premières caractéristiques, mais que, en ce qui concerne les simplifications, au lieu de serrer la réalité d'aussi près que possible,

on se contente d'une approximation moins grande, pour aller plus vite, et que l'on néglige intentionnellement dans ce but un certain nombre des éléments de la question, on soit en présence d'une méthode qui dérive immédiatement de la méthode exacte correspondante, mais qui est d'une réalisation beaucoup plus rapide, et qui, si les simplifications ont été convenablement choisies, n'exige pas, comme elle, de recourir à des approximations successives. On a en d'autres termes une méthode approchée qui peut, à la rigueur, pour ceux qui veulent s'en contenter, servir de procédé de calcul définitif, mais qui peut aussi être employée uniquement comme premier stade des approximations successives.

On comprend donc bien que, dans ces conditions, à chaque méthode exacte puisse correspondre une méthode approchée dont l'utilisation peut ou bien être indépendante ou au contraire être intimement liée à celle de la première. Mais, en fait, quoi qu'il en soit de cette utilisation, les méthodes en question sont fort voisines; leur examen peut être difficilement séparé; telle qui sera considérée comme approchée par rapport à l'une d'elles pourra, au contraire, être considérée comme exacte par rapport à une troisième. Si donc j'ai tenu dès l'abord à vous en affirmer l'existence distincte, il me sera plus commode de ne vous en entretenir qu'en vous parlant des méthodes exactes, et au fur et à mesure que j'envisagerai chacune de celles qui se prêtent à cette distinction.

Cependant, il y a au moins une de ces méthodes approchées à laquelle on peut donner un état civil indépendant, parce qu'elle constitue bien un tout en elle-même, et je vous avouerai que, pour lui donner cet état civil, j'ai été quelque peu embarrassé, car elle est à la fois à tout le monde et à personne. J'ai pris le parti de l'appeler *méthode française* sans que cette expression soit particulièrement bien justifiée. Du moins s'explique-t-elle par le fait qu'elle est employée en France par un certain nombre d'ingénieurs, et que tous les ouvrages français qui traitent de chauffage et ventilation et en particulier ceux de MM. Aucamus, Maubras, Debesson s'en tiennent à peu près exclusivement à cette méthode plus ou moins arrangée ou modifiée, mais toujours facilement reconnaissable.

Méthode française. — Elle est basée sur l'emploi de la formule de Phillips dont je vous ai déjà dit deux mots antérieurement et sur laquelle je vais maintenant revenir.

Reprenons les formules générales et supposons, à titre d'approximation et de simplification, que dans la formule (2) le coefficient λ soit constant et non plus variable comme il l'est en réalité, et de même que les résistances locale ζ soient supposées remplacées par un tronçon droit de conduite de longueur l' et d'effet équivalent.

Nous aurons alors :

$$\zeta = \frac{\lambda}{d} l' \quad (14)$$

et si nous posons $l + l' = l''$

$$R = \frac{\lambda}{d} l'' \quad (15)$$

Cette hypothèse peut être réalisée soit en déterminant l' par un procédé empirique quelconque, soit au besoin en négligeant ζ , ce qui revient à faire l' égal à l .

On voit de suite qu'en substituant ces valeurs dans les

formules (8) et (10), puis en éliminant v entre les deux formules ainsi obtenues, on obtient la relation :

$$a h_1 = \frac{\lambda}{2g} \frac{A}{A^2 (t_A - t_{15})^2} \sum \frac{C^2 L^n}{d^5} \quad (16)$$

Si nous choisissons maintenant comme condition destinée à supprimer les inconnues surabondantes, celle qui exprime que les pertes de charge par mètre sont constantes, et que nous appelions L^n la somme de toutes les longueurs L^n du circuit envisagé, nous aurons évidemment :

$$d = \varphi \sqrt[5]{\frac{C^2 L^n}{a h_1 (t_A - t_{15})^2}} \quad (17)$$

en posant

$$\varphi = \sqrt[5]{\frac{\lambda}{2g A^2}} \quad (18)$$

La formule (17) est précisément la formule de Phillips.

Vous voyez donc que, si l'on veut se contenter de l'approximation, assez lointaine il est vrai, qui correspond aux hypothèses sur lesquelles elle est basée, on a ainsi une formule qui donne directement les diamètres de tous les tronçons du circuit le plus défavorable. On peut alors, soit se contenter de ces diamètres, en les arrondissant aux diamètres du commerce les plus voisins, soit avec les diamètres ainsi obtenus, portés dans la formule (16), calculer à nouveau le second membre de cette équation, qui différera généralement de ah , et absorber le surplus de la force hydromotrice à l'aide d'une résistance spéciale ou en modifiant partiellement le diamètre d'un des tronçons.

Le calcul des autres branchements secondaires se ferait de même en opérant sur les formules (9) et (10) comme nous l'avons fait sur les formules (8) et (10).

En posant :

$$a h'_3 = a (h_3 - h_1) + \frac{4}{2g} \sum_{11}^{13} v^2 R \quad (19)$$

on obtient une formule analogue à (14), soit :

$$d = \varphi \sqrt[5]{\frac{C^2 L^n}{a h'_3 (t_A - t_{15})^2}} \quad (20)$$

et ainsi pour les autres.

Cette méthode semble au premier abord très intéressante; les calculs auxquels elle conduit ne sont pas si compliqués qu'ils en ont l'air, les racines cinquièmes pouvant être obtenues soit à l'aide d'une règle à calcul spéciale, soit avec du papier à coordonnées logarithmiques, soit avec des diagrammes à points alignés, et elle a le gros avantage d'être basée sur la condition très rationnelle de la constance de la perte charge au mètre courant.

Mais il ne faut pas perdre de vue que ce n'est qu'une méthode approchée et qu'elle peut, dans certaines circonstances, s'éloigner assez notablement des conditions de la réalité. Vous le comprendrez sans peine si je vous dis que le coefficient λ , supposé ici constant, peut en réalité varier dans la proportion de 2 à 3 dans les limites des diamètres usuels d'un chauffage à eau chaude, ce qui, en prenant pour valeur constante la moyenne, peut donner des erreurs de 20 à 25 p. 100 sur la valeur de λ . Si vous ajoutez à cela que le fait

de négliger les résistances locales peut conduire à une seconde erreur de 20 à 25 p. 100, l'erreur totale sur la quantité R peut atteindre dans certains cas jusqu'à 50 p. 100.

Méthode française perfectionnée. — Une des deux grosses causes d'erreur que je viens de vous signaler, réside dans l'hypothèse de la constance du coefficient de frottement.

Or si, au lieu de s'en tenir à la résolution d'une formule seulement, on traduit cette formule par un graphique, il devient parfaitement possible de tenir compte de la variation de ce coefficient.

C'est ce que j'ai fait précisément dans la figure 6, qui représente, en coordonnées logarithmiques, la courbe de l'équation (17); les abscisses figurent les débits en litres par seconde et les ordonnées, les pertes de charge par mètre en millimètres; il y a une courbe distincte par chaque diamètre. Dans ce graphique, les coefficients de frottement ont été déterminés par la formule de Darcy, parce que c'est celle que l'on avait jusqu'ici le plus généralement adoptée chez nous; mais il va sans dire que le principe resterait le même en adoptant telle autre formule que l'on préférerait.

Je rappelle seulement pour la bonne règle que, dans la formule de Darcy, on a.

$$\frac{\lambda}{2g} = 0,00104 k + \frac{0,00002588}{d} \quad (21)$$

Il est évident que j'aurais pu également employer dans des conditions identiques un diagramme à points alignés.

L'un de nos collègues, M. Mossé, a eu l'idée de réaliser le même perfectionnement en utilisant et modifiant dans ce but une règle à calcul, dont je ne crois pas me tromper en disant que l'origine remonte à notre président, M. Durrupt, mais qui n'était jusqu'alors employée que pour les calculs des conduites dans les chauffages à vapeur. M. Mossé a bien voulu mettre une de ces règles à ma disposition, pour que je puisse vous la montrer, et je suis heureux de saisir cette occasion de le remercier et de rendre hommage au dévouement constant qu'il a toujours déployé au profit de notre association. Qu'il me permette seulement de souhaiter qu'il ne maintienne pas comme coefficient de frottement le double de celui de Darcy, car on ne peut comparer les conduites d'un chauffage à eau chaude à des conduites incrustées.

Quoi qu'il en soit au surplus du moyen de réalisation pratique que l'on emploie, graphique ou règle à calcul, j'estime que la méthode, même avec le perfectionnement que je viens de vous indiquer, doit toujours rester classée parmi les méthodes approchées, parce qu'elle ne tient pas un compte suffisamment exact des résistances locales.

Vous avez saisi vous-mêmes d'ailleurs qu'il suffirait de peu de chose pour la transformer en méthode exacte.

Que si, après avoir déterminé les diamètres au moyen de l'abaque ou de la règle, on recommençait les calculs en sens inverse avec des diamètres du commerce, pour chercher les pertes de charge et les retrancher successivement de la force hydromotrice totale, puis que l'on ajoutât à la longueur de chaque tronçon une longueur relativement aisée à déterminer par le calcul et qui serait équivalente aux résistances locales, enfin que l'on fit en dernier ressort les modifications de diamètres nécessaires pour absorber toute la force hydro-



motrice, on retomberait sur une méthode aussi exacte que n'importe quelle autre.

Il suffirait même que la formule de Darcy fût remplacée par celle de Biel, dont je vous parlerai ultérieurement, et

blant le coefficient de Darcy (hypothèse correspondant à la manière de procéder d'un certain nombre d'ingénieurs, mais qui, comme il est dit plus haut, ne semble guère devoir répondre à la réalité, dans un chauffage à eau chaude).

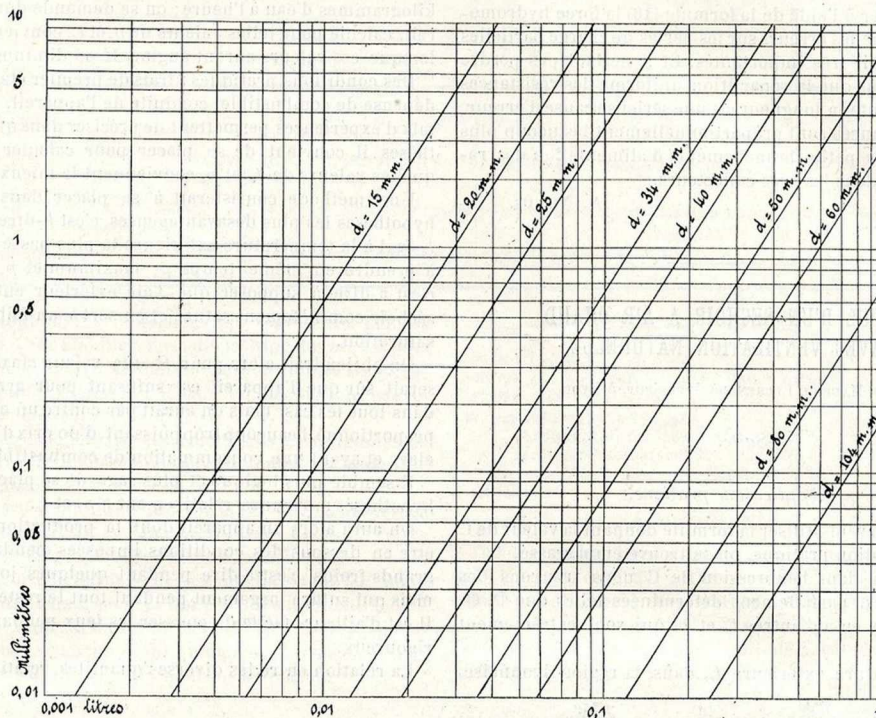


Fig. 5. — Diagramme pour la détermination des diamètres des conduites (d'après la formule de Darcy).

qu'au lieu de graphiques ou de règle à calcul, on employât des tables à double entrée, pour retomber identiquement sur une des méthodes exactes les plus récentes et dont je vous entretiendrai plus tard, celle du professeur Recknagel.

Je vais en terminer avec les méthodes approchées; mais j'ai voulu, pour elles aussi, comme je l'avais fait pour les méthodes empiriques, vous donner une idée première des différences de résultats auxquelles elles peuvent conduire. Je les ai donc appliquées au circuit le plus défavorable de notre exemple de la figure 5, et je l'ai fait pour une différence de température de 20° et dans quatre hypothèses différentes :

1° En négligeant complètement les résistances locales et prenant pour φ dans l'équation (17) une valeur moyenne de 0,00074;

2° En gardant cette même valeur pour φ , mais supposant les résistances locales remplacées par une majoration de longueur de 25 p. 100;

3° En conservant cette dernière hypothèse, mais faisant varier le coefficient de frottement d'après la formule de Darcy;

4° En opérant comme dans le cas précédent, mais en dou-

Voici les résultats ainsi obtenus :

TABLEAU V.

Résultats de la méthode française.

DÉSIGNATION DES TRONÇONS	COEFFICIENT DU FROTTEMENT CONSTANT		COEFFICIENT DU FROTTEMENT VARIABLE	
	L' = L	L' = 1,25 L	d'après Darcy	doublé
			L' = 1,25 L	L' = 1,25 L
7 — 8 — 15	49	51	50	56
9 — 14	37	39	38	43
10 — 11	31	33	33	38
12 — 13	24	25	26	30

Vous pouvez constater que les résultats, dans les trois premières hypothèses, ne sont pas bien éloignés les uns des autres, non plus d'ailleurs que de ceux des deux dernières méthodes empiriques que je vous ai exposées et dont elles diffèrent cependant un peu plus. Aussi bien les erreurs commises sur λ n'affectent-elles les diamètres que dans une



proportion relativement faible, puisque λ entre dans la formule sous la forme d'une racine cinquième.

Mais c'est lorsque l'on désire, pour plus d'exactitude, se servir des diamètres obtenus comme ci-dessus, pour chercher à absorber à l'aide de la formule (16) la force hydromotrice totale, que les erreurs sur les pertes de charge partielles peuvent devenir très importantes. Et il ne faut pas perdre de vue non plus que la répartition uniforme des résistances locales sur toute la longueur est une sérieuse cause d'erreur, car ces résistances sont proportionnellement beaucoup plus fortes dans les petits branchements d'alimentation des radiateurs que dans les gros collecteurs.

A. NILLUS.

(A suivre.) (1)

CALCUL D'UN SÉCHOIR A AIR CHAUD AVEC VENTILATION NATURELLE

PAR MAURICE LECRENIER, Ingénieur, à Lyon.

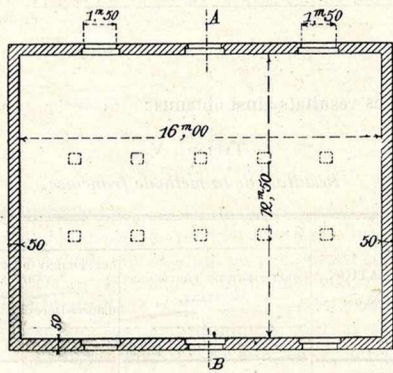
(Suite.) (2)

Application pratique.

Dès que l'on veut utiliser la formule donnant la valeur de C à une application pratique, on se trouve embarrassé.

En effet, si dans l'expression de C nous trouvons des quantités fixes, parfaitement déterminées telles que P, Q, $\Sigma K S$, T, il y en a d'autres t_e et p_e qui sont extrêmement variables.

La température extérieure t_e , dans la région lyonnaise,



Vue en plan.

se complique encore de fluctuations dans le degré de saturation.

Or, le séchoir, quelles que soient les variations de p_e et t_e , doit toujours remplir le but proposé qui est d'évaporer Q kilogrammes d'eau à l'heure; on se demande donc si l'appareil, calculé pour telles valeurs de p_e et t_e , conviendra encore lorsque ces valeurs auront augmenté ou diminué.

Des conditions pratiques: frais de premier établissement, dépense de combustible, conduite de l'appareil, enfin résultats d'expériences permettent de préciser dans quelles hypothèses il convient de se placer pour calculer le séchoir, quelles valeurs de t_e et p_e conviennent le mieux.

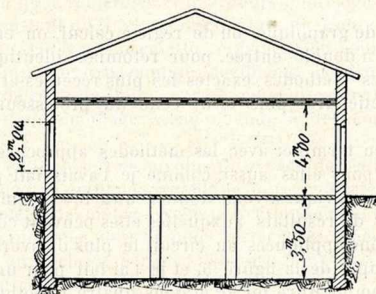
Une méthode consisterait à se placer dans toutes les hypothèses les plus désavantageuses, c'est-à-dire à supposer t_e égal à la température extérieure la plus basse de l'année; à prendre en même temps p_e maximum et p_e minimum, c'est-à-dire à supposer que l'air extérieur entre dans le séchoir complètement saturé et en sort à un faible degré de saturation.

On obtiendrait alors pour C une valeur maximum et on serait sûr que l'appareil est suffisant pour arriver au but dans tous les cas, mais on aurait par contre un appareil disproportionné, beaucoup trop puissant, d'un prix d'installation élevé et ayant une consommation de combustible exagérée.

Il semble plus logique et plus sage de se placer dans des hypothèses moyennes relativement à p_e et t_e .

On aura alors un appareil dont la production sera peut-être en dessous des conditions imposées pendant les plus grands froids, c'est-à-dire pendant quelques jours d'hiver, mais qui suffira largement pendant tout le reste de l'année. Il est d'ailleurs facile de pousser les feux pendant les froids rigoureux.

La relation entre les diverses quantités, relation qui a été



Coupe transversale.

FIG. 1 et 2. — Local destiné au séchoir.

peut varier de -10° centigrades à $+35^\circ$; le poids de vapeur p_e contenu dans un kilogramme d'air extérieur suit non seulement les variations de la température extérieure t_e , mais

établie à la fin de la partie théorique de cette étude, sera également utilisée pour fixer les diverses valeurs.

Dans le séchoir que nous allons calculer et décrire il s'agit d'évaporer 2.500 kilogrammes d'eau en 24 heures sans dépasser la température de 60° .

La matière à sécher est en dissolution dans l'eau et dans des proportions égales, c'est-à-dire qu'il y a les mêmes poids d'eau et de matière.

(1) Dans la séance du 15 mars 1911, M. Nillus n'a développé que la première partie de sa conférence: la seconde partie, qui a trait aux « méthodes exactes », fera l'objet d'une communication dans une séance ultérieure. (Note de la rédaction).

(2) Voir *Chauff. et Ind. San.*, n° 32 de mars 1911, p. 54.



TABLEAU I

Année moyenne de la région lyonnaise (Observatoire de Saint-Genis-Laval). — Relevés de 1880 à 1900 (20 années).

	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE	MOYENNE POUR TOUTE L'ANNÉE
Température moyenne	1°,0	3°,3	6°,2	10°,2	13°,8	17°,6	19°,8	19°,2	16°,1	10°,4	6°,4	2°,1	10°,5
Poids moyen de vapeur d'eau contenu dans 1 m ³ d'air	4 gr. 27	4 gr. 52	4 gr. 88	5 gr. 90	7 gr. 34	9 gr. 04	10 gr. 12	10 gr. 00	9 gr. 00	7 gr. 24	6 gr. 03	4 gr. 59	6 gr. 8
Poids maximum de vapeur d'eau contenu dans 1 m ³ d'air à la même température	5 gr. 23	5 gr. 99	7 gr. 30	9 gr. 40	12 gr. 00	14 gr. 80	17 gr. 00	16 gr. 30	13 gr. 60	9 gr. 60	7 gr. 50	5 gr. 60	9 gr. 8
Degré de saturation	0,81	0,75	0,67	0,63	0,61	0,61	0,59	0,61	0,66	0,75	0,80	0,80	0,69

Le local dont on fit le séchoir est représenté par les figures 1 et 2. (Nous donnerons la disposition des étuves plus loin.) C'est un local rectangulaire exposé sur toutes ses faces; ce local existait et il a fallu l'utiliser en aménageant convenablement les étuves.

La cave est occupée par les calorifères et les gaines de chaleur, le rez-de-chaussée comprend toutes les étuves, le grenier est inoccupé.

La température moyenne de Lyon étant + 10°,5 au-dessus de 0 et la température la plus basse étant de - 11°, nous avons supposé la température extérieure égale à 0°.

La température extérieure dépassant rarement 30°, nous avons pris cette valeur pour la température de sortie t_s .

Enfin pour être sûrs que la température de séchage ne dépasse pas 60° en aucun point du séchoir, nous avons supposé que l'air sortait à 55° des bouches de chaleur.

On a donc :

$$Q = \frac{2500}{24} = 104 \text{ kilogrammes.}$$

$$P = \frac{2500}{24} = 104 \text{ kilogrammes.}$$

$$t_e = 0^\circ \text{ centigrades.}$$

$$T = 55^\circ \text{ —}$$

$$t_s = 30^\circ \text{ —}$$

$$t_m = \frac{T + t_s}{2} = 42^\circ,5 \text{ centigrades.}$$

Calcul des calories d'échauffement de la matière C_1 . — La chaleur spécifique de la matière à sécher étant de 1,2, on a :

$$C_1 = Pc (t_s - t_e) \\ = 104 \times 1,2 \times (42,5 - 0) = 5.304 \text{ calories.}$$

Calcul des calories de déperdition C_2 . — Nous voyons facilement sur la figure 1 que les surfaces refroidissantes se décomposent comme suit :

Murs extérieurs au nord : 12 m. 50 × 4 m	= 50 mq.
Autres murs extérieurs (16 m. + 16 m. + 12 m. 50) × 4	= 178 mq.
Fenêtres extérieures, 1 m. 50 × 2 m. × 6	= 18 mq.
Plancher, 16 m. 50 × 12 m	= 200 mq.
Plafond, 16 m. 50 × 12 m	= 200 mq.

En appliquant à ces valeurs les coefficients de déperditions et différences de températures qui leur sont propres, nous trouvons successivement :

Calories perdues par murs extérieurs au nord :

$50 \times 1,7 \times 42,5$	= 4.513 calories
Calories perdues par les autres murs extérieurs : $178 \times 1,7 \times 42,5$	= 12.860 —
Calories perdues par les fenêtres : $18 \times 2 \times 42,5$	= 1.530 —
— perdues par le plancher : $200 \times 1 \times 24,5$	= 4.850 —
— perdues par le plafond : $200 \times 1,2 \times 37,5$	= 9.000 —
Total	32.753 calories

Ainsi :

$$C_2 = 32.755 \text{ calories.}$$

Dans ce calcul, nous avons supposé que la température dans les caves était de + 18° en raison de la présence des calorifères et que la température du grenier était de + 5°.

A remarquer que nous n'avons pris que 2 pour coefficient des vitres simples, celles-ci étant déjà comptées dans les murs extérieurs avec 1,7 de coefficient.

Calcul des calories destinées au séchage proprement dit C_3 .

Nous avons posé :

$$C_3 = C_4 + C_5.$$

On a :

$$C_4 = Q (606,5 + 0,305 t_s - t_e);$$

et dans le cas présent :

$$C_4 = 104 (606,5 + 0,305 \times 30 - 0) = 64.027 \text{ calories.}$$

Calculons maintenant C_5 .

Nous avons vu que :

$$C_5 = \frac{Q}{p_s - p_e} \times 0,2374 (t_s - t_e).$$

Quelles valeurs allons-nous prendre pour p_s et p_e , autrement dit quel degré de saturation moyen allons-nous choisir?

Certains auteurs supposent que l'air entre et sort du séchoir à demi saturé.

D'autres prennent les deux tiers pour proportion de saturation.

On peut préciser ces chiffres.

En effet, pour p_s il semble logique de prendre une valeur moyenne donnée par les observations météorologiques de la région où l'on construit le séchoir, moyenne qui variera avec les régions. (Ainsi à l'observatoire du parc de la Tête-d'Or à Lyon, cette valeur est de 7 gr. 7 pour 1 mètre cube d'air,



tandis qu'à l'observatoire voisin, à Saint-Genis-Laval, elle est de 6 gr. 8. On attribue à la proximité du Rhône l'excès du premier chiffre sur le deuxième.)

Le tableau ci-dessous, qui représente l'année normale de la région lyonnaise (observatoire de Saint-Genis-Laval), nous montre que le degré de saturation de l'air varie de 0,59 à 0,81.

Il est en moyenne de 0,69 pour toute l'année.

Cette valeur se rapproche sensiblement de $\frac{2}{3}$.

C'est donc ce chiffre que nous adopterons pour le degré de saturation moyenne de l'air extérieur, en répétant toutefois que nous ne l'avons choisi que parce qu'il représente très sensiblement la moyenne de la région lyonnaise.

Il nous reste p_s à déterminer.

Or si nous nous reportons à la relation

$$0,2374 Q (T - t_s) = P c (t_m - t_e) + \Sigma K S t_m + Q (606,5 + 0,305 t_s - t_e)$$

nous voyons que tous les termes qui y figurent sont connus sauf p_s .

d'où l'on tire

$$\frac{104 \times 0,2374 \times 25}{p_s - 0,00252} = 102,086$$

et

$$p_s - 0,00252 = \frac{617,24}{102086} = 0,00603$$

d'où enfin

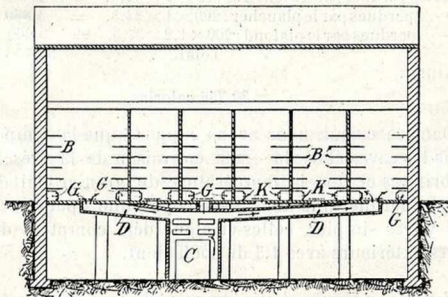
$$p_s = 0 \text{ kgr. } 00837$$

Remarquons en passant que, 1 kilogramme d'air saturé à 30° contenant 0 kgr. 02593 d'eau, le degré de saturation de notre air à la sortie du séchoir est de

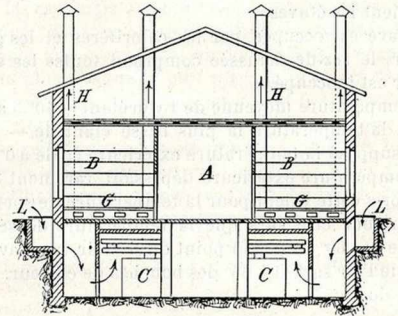
$$\frac{0,00837}{0,02593} = 0,33$$

soit $\frac{1}{3}$

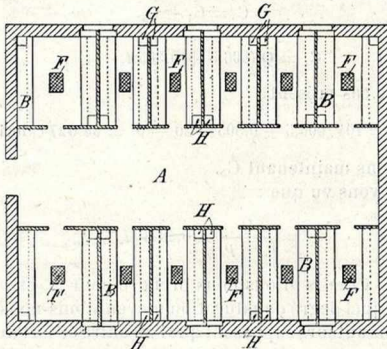
Dans la pratique, étant donné un type de séchoir déterminé, l'on sait toujours, à l'aide des données antérieures de l'expérience, à quel degré approximatif de saturation l'air doit en sortir, et ce degré varie selon les cas de $\frac{1}{3}$ à $\frac{2}{3}$ environ du degré de saturation absolue. Le calcul que nous



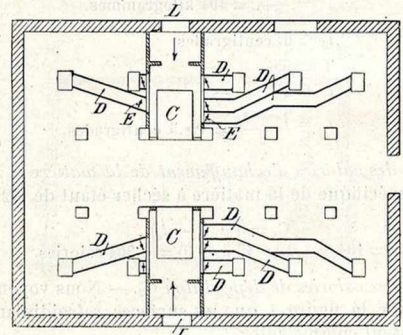
Coupe longitudinale.



Coupe transversale.



Vue en plan.



Cave.

Fig. 3, 4, 5 et 6. — Disposition intérieure du séchoir.

En remplaçant les différents termes par leur valeur, nous en tirons :

$$\frac{104}{p_s - 0,00378} \times \frac{2}{3} \times 0,2374 \times (55 - 30) = 5,304 + 32,755 + 64,027$$

venons de faire permet donc de reconnaître, à posteriori, si les données du problème ont été bien choisies. Dans le cas qui nous occupe, la proportion de $\frac{1}{3}$ pour le degré de saturation est bien celle à laquelle on peut s'arrêter, étant donné le type d'étuve choisi, et les choses peuvent par suite rester

TABLEAU II

TEMPÉRATURE extérieure t_e	NOMBRE de calories à fournir par le calorifère. $C + 5\% C.$	DIFFÉRENCE avec le nombre de calories à fournir par le calorifère quand $t_e = 0.$	DIFFÉRENCE exprimée en %.
- 10°	267.845	32.225	13 % en plus
0	235.620	0	0
+ 10°	220.657	14.963	6 % en moins
+ 25 °/°	187.824	47.796	20 % en moins

en l'état. S'il en avait été autrement, cela aurait simplement prouvé que la valeur choisie par la température à la sortie n'était pas convenable, et, pour correspondre aux conditions de la réalité, il aurait fallu la modifier jusqu'à trouver pour le degré de saturation le rapport convenant au type de séchoir envisagé.

Cela posé, en nous reportant à la valeur de C_5 , nous obtenons finalement :

$$C_5 = \frac{404}{0,00605} \times 0,2374 \times 30 = 422.314$$

Et enfin

$$C = C_1 + C_2 + C_4 + C_5 = 5.304 + 32.755 - 64.027 + 422.314 = 224.400 \text{ calories.}$$

En comptant une majoration de 5 p. 100 pour les pertes

Tel est le nombre de calories quand l'air extérieur est à 0° et aux 2/3 saturé.

Pour faire quelques observations, nous avons établi le tableau ci-contre correspondant à 4 valeurs de t_e . Nous avons supposé successivement que la température extérieure était de - 10°, 0°, + 10° et 25° et nous avons calculé le nombre correspondant de calories à fournir au séchoir.

L'examen de ce tableau nous montre que le calorifère calculé en supposant $t_e = 0$ sera en moyenne 6 p. 100 supérieur à la puissance normale, puisque la température + 10° est la température moyenne de la région lyonnaise. Ceci n'est pas mauvais au point de vue consommation de combustible; les appareils trop justes étant d'un mauvais rendement.

On voit aussi que l'appareil sera 13 p. 100 trop faible par les grands froids. On arrivera à diminuer un peu cette proportion en forçant le feu, mais certainement il faut s'attendre à une production moindre pendant les froids rigoureux.

Enfin en rapprochant la première et la dernière lignes du tableau, on voit que la puissance du calorifère devra varier de $13 + 20 = 33$ p. 100, soit 1/3.

On peut évidemment obtenir ce résultat avec un foyer à grille ordinaire.

Toutefois, le foyer à étages réfractaires, du type Michel

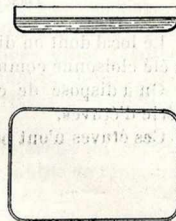


FIG. 7. — Plat contenant la matière à sécher.

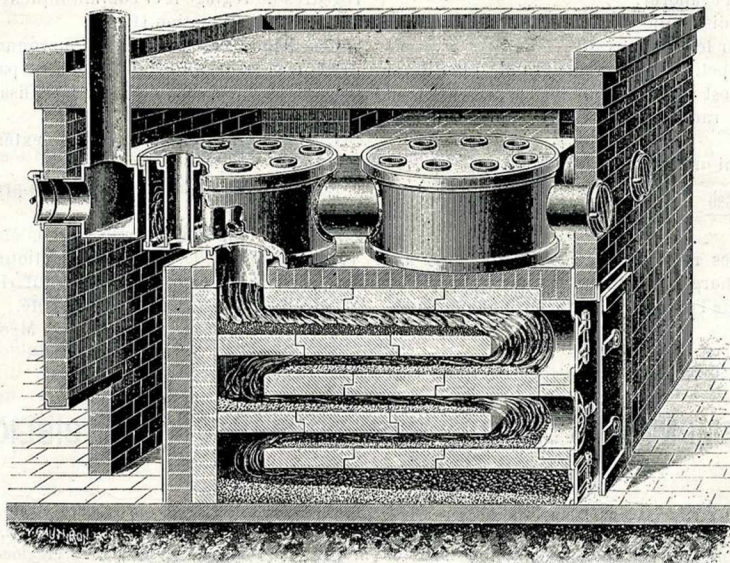


FIG. 8. — Ensemble du calorifère à étages.

par les parois du calorifère et les gaines de chaleur on trouve que le calorifère devra fournir :

$$224.400 + 41.220 = 235.620 \text{ calories.}$$

Perret, nous semble bien indiqué pour arriver au but. Ce foyer présente une grande élasticité; on peut, en faisant 1, 2 ou 3 charges par vingt-quatre heures, faire varier sa puissance du simple au triple. C'est plus qu'il ne nous faut.

Dans l'installation en question, il a été monté deux foyers de ce genre.

Description de l'installation.

Le local dont on disposait pour aménager le séchoir (fig. 1) a été cloisonné comme le montre la figure 2.

On a disposé de chaque côté d'un couloir central A une série d'étuves.

Ces étuves n'ont pas toutes les mêmes dimensions, car on

Il convient donc admirablement à ce genre de séchoirs.

La figure 4 montre la disposition du calorifère Bouchayer et Viallet et de sa surface de chauffe normale. Dans le séchoir qui nous occupe, cette surface a été modifiée par suite de la faible hauteur dont on disposait.

L'air chaud est distribué au moyen des conduits D aux différentes étuves. Un registre E placé au départ du calorifère permet de régler l'émission d'air chaud et d'isoler au besoin une étuve.

La figure 9 donne la coupe des conduits d'air chaud, cons-

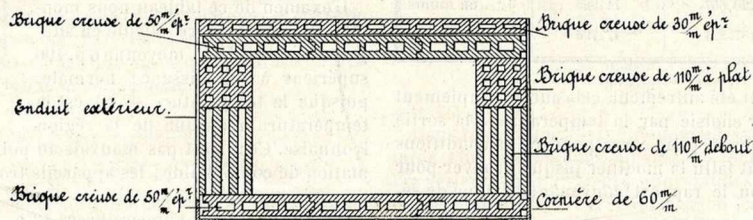


FIG. 9. — Coupe d'un conduit d'air chaud.

a utilisé les fenêtres existantes pour l'éclairage des étuves, mais comme toutes les étuves reçoivent le même nombre d'étagères, il ne pouvait y avoir de différences que dans les calories de déperdition. A cet effet les étuves d'angle, qui sont les plus mal placées, ont reçu un conduit et une grille d'air chaud plus grands.

La matière à sécher est en dissolution dans l'eau et c'est cette eau qu'il s'agit d'évaporer.

On verse donc la dissolution dans des plats (fig. 3) qui sont ensuite placés sur les étagères B.

Les plats étant très petits, il y en a une grande quantité, si bien que la matinée est employée au déchargement et au rechargement d'une rangée d'étuves et l'après-dîner à l'autre rangée.

Les calorifères C qui ont chacun à produire :

$$\frac{235620}{2} = 117.810 \text{ calories}$$

sont des foyers à étages réfractaires. On peut dans ces appareils faire 1, 2 ou 3 charges de combustible par vingt-quatre heures, c'est-à-dire que l'on peut faire varier leur puissance de 1 à 3.

titués en maçonnerie de briques creuses, lissés intérieurement et crépis extérieurement au mortier.

L'émission d'air chaud se fait dans chaque étuve au moyen d'une grille à grande section F placée au centre.

L'air chargé de vapeur d'eau est recueilli sous les dernières étagères par une trainasse horizontale G, placée sur le sol. Il y a deux trainasses par étuve, elles sont munies de registres de réglage K et communiquent avec des cheminées verticales d'évacuation H.

Ces cheminées, montées en maçonnerie dans les angles des étuves, se terminent à l'extérieur par des mitres en tôle galvanisée. Elles sont de hauteur suffisante pour assurer un bon tirage.

L'air des calorifères est pris à l'extérieur au moyen des grilles L.

Le calcul des gaines et conduits ne présente rien de particulier.

Cette installation, exécutée par la Maison Bouchayer et Viallet (Grenoble-Lyon-Paris), fonctionne d'une façon normale depuis trois ans, avec une régularité égale par les plus grands froids comme au cœur de l'été.

MAURICE LECRENIER.

RENSEIGNEMENTS — REVUE DES PÉRIODIQUES — BIBLIOGRAPHIE

Conduits de fumée.

L'ordonnance de police du 27 mars 1906, concernant les mesures préventives et les secours contre l'incendie dans la Ville de Paris, a édicté dans le titre III un certain nombre de mesures concernant l'établissement et l'entretien des conduits de fumée fixes ou mobiles.

L'article 16 en particulier en est ainsi conçu :

Article 16. — Les conduits de fumée desservant des foyers

industriels, autres que des foyers ordinaires : fours, forges, mouffes, générateurs de vapeur, calorifères, fourneaux de restaurateurs ou analogues, de charcutiers, etc., fours de boulangers et de pâtisseries, établissements de bains, etc., devront être, autant que possible, à l'extérieur; mais s'ils traversent des locaux habités, ils ne devront être construits qu'en briques d'au moins 0 m. 10 (dix centimètres) d'épaisseur, et jamais en poterie.

Ils devront être établis conformément aux articles 6, 7 et 8 de la présente ordonnance et les parois, enduits compris, devront avoir au moins 0 m. 13 (treize centimètres) d'épaisseur.

Ces prescriptions ont ému la Chambre syndicale du chauffage (section eau et vapeur) et la Chambre syndicale des Entrepreneurs de Fumisterie, et toutes deux ont fait une démarche collective à la préfecture de police, pour obtenir des explications et provoquer au besoin une révision de cet article qui semblait apporter une entrave sérieuse au développement des installations de chauffages à vapeur ou eau chaude par étages, pour lesquelles il était naturel d'utiliser les conduits de fumée existants.

La réponse suivante du secrétaire général de la Préfecture de police a donné satisfaction aux desiderata des deux Chambres et en même temps de tous les installateurs en général.

Paris, le 13 janvier 1911.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Par lettre du 6 décembre dernier, vous m'avez demandé si l'utilisation des conduits de fumée des habitations privées, pour l'évacuation des gaz chauds des petites chaudières de chauffage, ne nécessiterait pas une addition à l'article 16 de l'ordonnance de police du 27 mars 1906.

J'ai l'honneur de vous faire connaître que, sur l'avis de l'architecte en chef de ma préfecture, consulté, cet article ne vise que les foyers industriels et que, par suite, l'obligation de construire des tuyaux de fumée en briques de 0 m. 14 d'épaisseur n'est pas imposée pour les petites chaudières établies dans un appartement et destinées à chauffer une ou plusieurs pièces de cet appartement.

Veuillez agréer, etc.

Pour le Préfet de police :

Le secrétaire général,
LAURENT.

Congrès de chauffage et ventilation à Dresde.

Il se tient tous les deux ans en Allemagne depuis quelques années déjà un Congrès de chauffage et ventilation où sont invités tous les techniciens étrangers et en général toutes les personnes qui s'intéressent à cette branche de la science de l'ingénieur.

Des conférences toujours intéressantes y sont faites et l'on visite dans la ville même où se tient le Congrès les installations de chauffages les plus remarquables.

Cette année le congrès aura lieu à Dresde du 12 au 14 juin (1).

Voici les conférences qui sont déjà annoncées :

- 1° Chauffage à longue distance ;
- 2° Chauffage d'écoles ;
- 3° Service des eaux ;
- 4° Historique du développement de la technique du chauffage ;
- 5° Rapport sur l'exposition d'hygiène de Dresde 1911 et sur l'exposition spéciale de chauffage et de ventilation.

(1) Voir plus loin même numéro page 87 sous la rubrique Informations, divers renseignements complémentaires concernant ce congrès et le programme des diverses journées. (Note de la rédaction.)

Vitesse de l'air et pertes dues aux coudes dans les installations de ventilation.

Dans une conférence faite, dans un cours de chauffage et ventilation, à New-York, M. Arthur Ritter a donné à ses jeunes élèves toute une série d'indications utiles relativement au calcul des installations de chauffage indirect avec ventilation, à la détermination des surfaces de radiation, aux dispositifs de filtration de l'air, etc.

Parmi ces renseignements nous en relevons un certain nombre fort simples et qu'il ne sera pas inutile de rapporter ici.

La chambre de pression dans laquelle refoule le ventila-

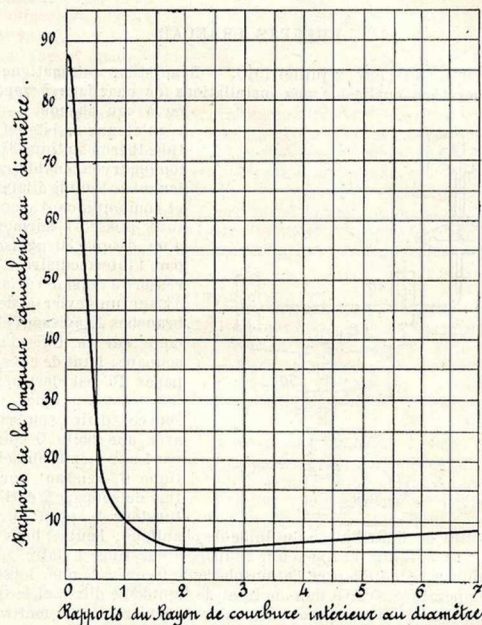


Diagramme des longueurs de conduits de ventilation équivalentes aux résistances des coudes.

teur et dont sont issus les différents conduits de distribution doit, d'après les données de M. A. Ritter, avoir des dimensions suffisantes pour que la vitesse de l'air n'y dépasse pas 2 m. 50 par seconde; il admet, par contre, dans les conduits de distribution, des vitesses de 5 mètres à 7 m. 50 par seconde s'ils sont en tôle et même de 9 mètres s'ils sont en maçonnerie et placés dans le sous-sol. Dans les bouches de distribution d'air chaud, il compte sur une vitesse de 1 m. 25.

Il donne d'autre part un diagramme concernant la résistance au frottement que présentent les coudes dans les conduits de ventilation. On sait que, le plus généralement, on est convenu de faire entrer cette résistance dans les calculs en supposant le coude en question remplacé par un tronçon droit d'un conduit de même diamètre, qui donnerait exactement la même résistance. La question se pose

donc uniquement de savoir quelle est la longueur qui convient pour les différentes espèces de coudes. M. A. Ritter n'envisage que les coudes à angle droit, et donne la longueur équivalente dont il vient d'être question en fonction des rayons de courbure intérieurs. Nous reproduisons ici ce diagramme, dans lequel les abscisses représentent les rapports du rayon de courbure intérieur au diamètre et les ordonnées les rapports de la longueur équivalente également au diamètre. On peut voir par exemple que, si l'on est en présence

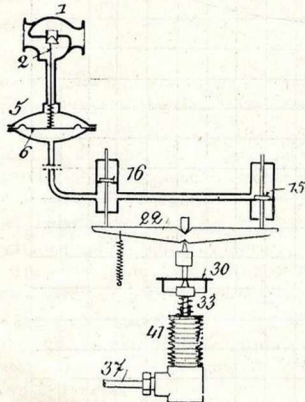
d'un conduit de 600 millimètres de diamètre, de rayon de courbure intérieur de 600 millimètres également, le coude à angle droit équivaut comme résistance à un tronçon rectiligne de $0\text{ m. }600 \times 10 = 6$ mètres. Si ce rayon de courbure était de 1 m. 20, il faudrait compter une longueur de 2 mètres seulement; et, s'il était de 0 m. 300, une longueur de 18 mètres. Enfin un coude d'équerre sans aucun arrondi correspondrait à 52 m. 80 de longueur de conduite.

(Metal-Worker, 2 avril 1910.)

BREVETS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

BREVETS FRANÇAIS

418033. GUILLERY, 9 juillet 1910. — Régulateur automatique de température applicable aux installations de chauffage à vapeur ou à eau chaude. — Ce régulateur consiste en un tube thermostatique 37 de longueur convenable, contenant un liquide dilatable et communiquant avec un tube plissé 41 surmonté d'un disque 30 agissant par l'intermédiaire d'un ressort à tension réglable 33 sur un levier à deux branches 22 agissant chacune sur la tige d'une soupape; l'une de ces soupapes 16 est destinée à faire communiquer une source d'air comprimé avec une boîte 5 contenant une membrane élastique 6, agissant sur la tige de soupape 2 de l'obturateur 1, placé sur la



conduite de distribution du fluide de chauffage; l'autre bras du levier 22 agit sur la tige d'une soupape 15 destinée à faire communiquer la boîte 5 avec l'atmosphère de façon telle que, lorsque la température s'élève dans le local, le liquide se dilate et le tube plissé 41 s'étend en faisant basculer le levier 22 pour mettre la membrane 6 en communication avec l'air comprimé, ce qui ferme l'obturateur, tandis que, si la température s'abaisse, la boîte étant mise en communication avec l'air ambiant, l'obturateur s'ouvre pour livrer passage au fluide de chauffage.

418263. NICOU, 13 juillet 1910. Distributeur automatique de gaz pour chauffe-bains et appareils analogues. — Ce distributeur est établi de manière à éviter l'emploi d'organes, intercalés entre la conduite d'eau et la conduite de gaz, susceptible de se détériorer rapidement, et à supprimer, notamment autour de la queue de la soupape à gaz, tout point susceptible, à la longue, d'entraver le fonctionnement. Il comporte essentiellement une cloche reliée à la soupape à gaz, formant joint hydraulique autour de la tige de cette soupape et capable d'être soulevée pour ouvrir la soupape lorsqu'une dérivation de la conduite d'eau, fermée normalement par un obturateur à boule de caoutchouc, est ouverte par celui-ci lors de l'ouverture du robinet de consommation d'eau, la cloche retombant pour aider et fermer la soupape lorsqu'on referme ce robinet.

L'appareil comprend une cuve *a* à la partie supérieure de laquelle sont montées la tubulure d'arrivée de gaz *b* et la tubulure de sortie *c* séparées par la soupape *d*. La tige *f* est reliée au fond d'un puits *g* formé dans une cloche *h* qui peut se déplacer verticalement dans la cuve *a*. Dans le puits descend un tube *i*, solidaire

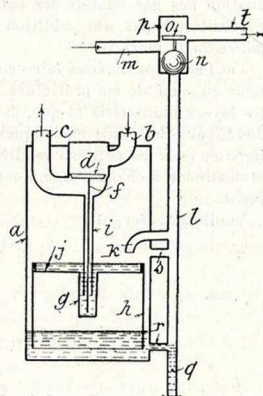
de la boîte à soupape et plongeant dans l'eau contenue dans le puits en formant joint hydraulique autour de la tige de soupape *f*. Le dessus de la cloche *h* forme une cuvette *j* à laquelle de l'eau peut être amenée par un déversoir *k* d'un tube *l* branché sur la conduite d'eau sous pression *m*. L'arrivée de l'eau dans la dérivation *l* est commandée par un obturateur sphérique en caoutchouc *n* relié à un disque *o* qui peut coulisser librement dans la partie *p*.

q est un tuyau de vidage relié à la boîte *a* par un trop-plein *s* et en bas par un tube *r* de plus petite section que le déversoir *k*.

Le robinet de consommation d'eau se trouve en aval du distributeur de gaz décrit sur la conduite d'eau et, par exemple, en *t*.

Normalement, la pression est la même au-dessus et au-dessous du disque *o* et la boule de caoutchouc *n* repose sur l'orifice du tube *l* et l'obture. Quand on ouvre le robinet, la dépression se fait sentir au-dessus du disque *o* et soulève l'obturateur *n*; l'eau se déverse par conséquent dans la cuvette *j*, remplit le puits *g* et déborde dans la cuve *a*. A mesure que l'eau s'élève dans la cuve, l'air se comprime dans la cloche, et finalement la cloche se trouve soulevée et, avec elle par l'intermédiaire de la tige *f*, la soupape *d* permet ainsi au gaz de passer au brûleur.

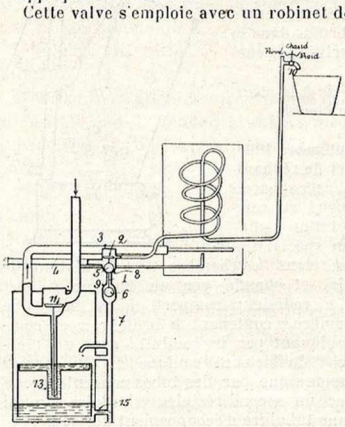
A la fermeture du robinet, la boule de caoutchouc *n* referme *l*, l'eau contenue dans *a* s'écoule par *r* et la cloche redescend, ce qui referme la soupape à gaz *d*.



418264. NICOU, 13 juillet 1910. Double valve automatique pour chauffe-bains et autres applications permettant l'obtention à volonté d'eau froide ou d'eau chaude par le même robinet et une conduite unique. — Cette valve, qui est formée d'une tige portant un disque et deux obturateurs, est destinée à la commande du distributeur de gaz et est intercalée sur la conduite d'eau sans pression de manière que, normalement, l'un des deux obturateurs ferme la dérivation de commande du distributeur de gaz; si on ouvre le robinet de consommation d'eau d'une certaine quantité, cet obturateur ouvre la dérivation de manière à actionner le distributeur de gaz pour ouvrir le gaz et fournir de l'eau chaude, tandis que, si on ouvre complètement le robinet, l'autre obturateur vient fermer à son tour la dérivation, ce qui ramène le distributeur de gaz à sa position d'obturation et fournit, par conséquent, de l'eau froide, l'eau traversant le chauffe-bains, qui est alors en veilleuse, sans s'échauffer.

Cette double valve comprend une tige 1 sur laquelle sont montés : un disque 2 qui peut se déplacer dans une partie 3 de la con-

duite d'eau sous pression 4 et deux obturateurs 5-6. Ces deux derniers formés par deux boules de caoutchouc, travaillent dans deux chambres prévues à l'extrémité de la dérivation 7 allant au distributeur de gaz et peuvent obturer cette dérivation (l'obturateur 5 en s'appliquant de haut en bas contre l'orifice 8 et l'orifice 6 en s'appliquant de bas en haut contre l'orifice 9).

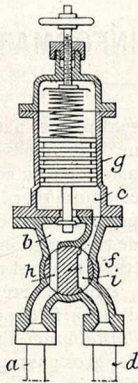


Cette valve s'emploie avec un robinet de consommation 10 situé en aval de la double valve (et, par exemple, un robinet de baignoire). Ce robinet peut être amené à deux positions dans l'une desquelles il n'est ouvert qu'en partie, tandis que, dans l'autre, il est complètement ouvert. Dans le premier cas, on obtiendra de l'eau chaude et, dans le second cas, de l'eau froide.

Normalement, le robinet étant fermé, la double valve ferme la dérivation 7 par l'obturateur 5; le distributeur de gaz est donc à la position « fermé » ou « veilleuse ». Si on ouvre le robinet à la position « chaud », c'est-à-dire d'une certaine quantité seulement, la double valve se trouve soulevée et le fonctionnement de la soupape à gaz a lieu comme il est dit au brevet ci-dessus. Si on ouvre en grand le robinet, c'est-à-dire à la position « froid », la dépression produite au-dessus du disque 2 sera plus grande que dans le premier cas, la valve sera complètement soulevée et l'obturateur 6 en s'appliquant sur l'orifice 9 fermera la dérivation, l'eau contenue dans le puits 13 s'écoulera donc au dehors par 12 et la soupape à gaz 11 se fermera, l'eau s'écoulant froide par le robinet 10.

418270. SOCIÉTÉ D'EXPLOITATION DES APPAREILS KOERTING, 15 juillet 1910. Dispositif d'entrée de vapeur pour chauffage à haute pression réduite ou non. — Ce dispositif a pour but d'éviter, quand on utilise de la vapeur à pleine pression, l'emploi d'une canalisation contenant le détendeur et ce résultat est obtenu en reliant directement le robinet d'entrée de vapeur à la fois à la canalisation à haute pression et aux côtés haute et basse pressions du détendeur.

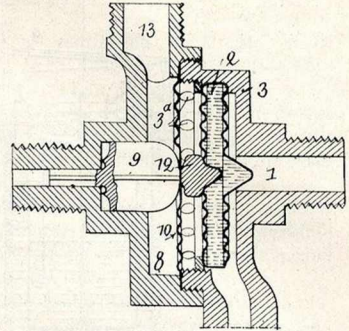
Pour réunir, d'une part, la canalisation à haute pression *a* au côté haute pression *b* du détendeur *g* et, d'autre part, le côté basse pression *c* du détendeur à la canalisation d'alimentation *d*, deux canaux distincts et séparés l'un de l'autre sont percés dans la clé *f* de l'appareil d'admission de la vapeur et ce, de telle manière que, pendant le chauffage à pleine pression, l'un ou l'autre de ces deux canaux *h i* établit une communication directe entre la canalisation haute pression *a* et la canalisation d'alimentation *d* et coupe absolument toute communication avec le détendeur.



BREVETS ANGLAIS

17724. STILL ET ADANSSON, 30 juillet 1909. Chauffage des habitations. — Dans ce système de chauffage à la vapeur, la valve d'entrée est contrôlée par la température au retour, les valves d'alimentation et de retour étant disposées sur le même axe avec un thermostat entre elles; la communication entre l'entrée et la sortie ayant lieu au moyen des conduits de chauffage.

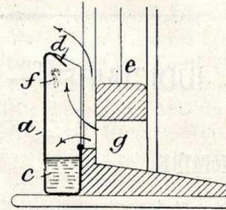
Une capsule expansible 2 est enfermée dans une boîte 3 et comporte une partie formant valve capable d'obturer le conduit d'évacuation 1 des radiateurs; la chambre 3 est munie d'une ouverture de sortie pour l'eau de condensation et communique à l'atmosphère par des ouvertures 3 *a*. La valve d'entrée de vapeur *g* est en contact avec le diaphragme 10 formant une des parois de la chambre 8 d'entrée de vapeur; un bloc 12 en matière mauvaise conductrice de la chaleur est interposé entre le diaphragme 10 et la paroi adjacente de la capsule 2.



La vapeur pénètre dans les radiateurs par le conduit 13 et revient par la tubulure 1, la dilatation de la capsule 2 fait fermer les deux valves d'entrée et de sortie. L'eau de condensation refroidit peu à peu la capsule et la contraction de celle-ci ouvre à nouveau les deux valves et permet à l'eau de condensation de s'écouler; ces différentes opérations sont répétées ainsi.

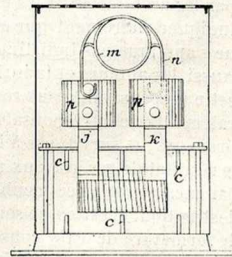
Si on le désire, la valve d'entrée est formée ou disposée sur le diaphragme lui-même, ou bien une pièce réglable vissée est disposée entre les valves; dans ce cas la chambre 8 est séparée de la chambre 3.

47221. HARDY, 24 juillet 1909. Dispositif de ventilation pour appartements. — Un récipient *a* muni à sa partie supérieure d'un rebord *d* est placé à l'intérieur d'une ouverture *g*, d'une fenêtre *e* et est fixé à celle-ci au moyen d'un crochet *f*, par exemple. Le courant d'air qui pénètre dans l'appartement se dirige vers le haut et la poussière qu'il contient est dirigée par la membrane *c* dans une cuvette *c* contenant de l'eau et formée à la partie inférieure du récipient *a*.



17353. BERSY, 26 juillet 1909. Appareil de chauffage électrique. — L'enroulement secondaire d'un transformateur à noyau en fer est relié à des serpents de chauffage de l'air *m n* et des dispositifs radiateurs auxiliaires *p* sont disposés aux points de jonction des serpents et de l'enroulement pour éviter la transmission de la chaleur au secondaire, l'ensemble étant placé dans une chambre à travers laquelle s'effectue le passage de l'air à réchauffer.

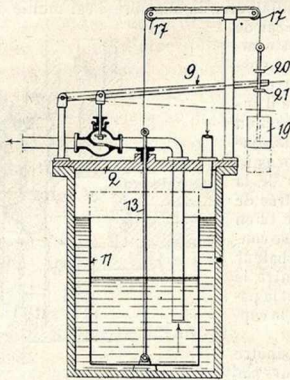
Les serpents *m n* sont établis en nickel ou tout autre métal de haute résistance avec un ou plusieurs tours et sont disposés parallèlement, leurs enroulements étant dans des directions opposées pour diminuer les effets d'induction; ils sont reliés aux extensions *j k* du secondaire avec intercalation de plaques radiatrices *p*. Les plaques du transformateur sont maintenues entre les faces inclinées d'oreilles *c* disposées sur le couvercle et sur la plaque de base.



48194. FARBENFABRIKEN NORMALS F. BAYER ET CIE, 6 août 1909. Purgeur. — Ce purgeur, du type à flotteur, est muni d'un couver-



cle amovible 2 avec conduits d'entrée et de sortie et presse-étoupe pour le passage de la tige 13, reliée au flotteur 11 et à un contre-



pois 19, au moyen d'une chaîne ou corde passant convenablement sur des poulies de guidage 17.

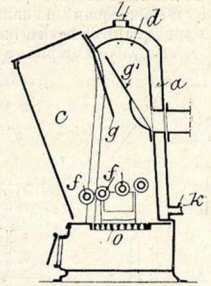
La tige du contrepoids 19 porte deux taquets 20-21 qui agissent sur l'extrémité libre d'un levier 9 articulé sur un support fixé sur le couvercle 2 et commandant la valve de sortie du purgeur.

19678. BUNGE, 27 août 1909. Poêle. — Ce poêle est destiné au réchauffage de l'eau et à l'incinération des débris ménagers. Il comporte une enveloppe extérieure *a* à double paroi et constituant la chaudière ainsi que la paroi interne de la boîte à feu; le foyer est traversé de part en part par des tubes à eau *f* faisant communiquer les parties opposées de l'enveloppe d'eau *d* et il comporte à sa base une grille ordinaire *o*.

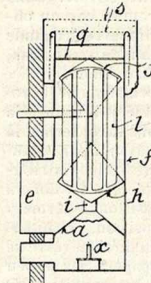
Une trémie de chargement *c* fermée à sa partie supérieure par un couvercle à fermeture étanche reçoit les ordures ménagères dans laquelle elles séchent avant leur passage dans la zone de combustion comprise entre les tubes *f* et la grille *o*.

Les gaz et les vapeurs produits par le séchage des déchets s'élèvent entre les plaques *gg'* et sont brûlés dans la chambre *d* avant leur arrivée à la cheminée.

k est l'entrée d'eau froide à la chaudière et *l* la sortie d'eau chaude.



20463. COOMBER, 7 septembre 1909. Appareil de ventilation et de réchauffage de l'air. — Dans cet appareil l'air à réchauffer est amené au contact d'un radiateur spécial dis-



posé dans la chambre de circulation de l'air, et chauffé par un brûleur à gaz.

Ce radiateur comporte à sa base une chambre *a* contenant le brûleur *x* et communiquant par le conduit *i* avec un récipient doublement conique *h*. Ce dernier communique par des tubes concentriques *l* avec un second récipient similaire *j* muni d'une tubulure d'échappement des gaz.

L'air à réchauffer pénètre en *e* dans la chambre *f* enfermant le radiateur *h l j*, puis s'échappe à la partie supérieure en traversant une plaque perforée *g* supportant de la laine chimiquement traitée ainsi que des tamis *s* qui sont maintenus constamment à l'état humide.

CHRONIQUE JUDICIAIRE — INFORMATIONS — DIVERS

CHRONIQUE JUDICIAIRE

Responsabilité décennale des architectes et des entrepreneurs.

— Aux termes des articles 1.792 et 2.270 du Code civil, les architectes et les entrepreneurs sont responsables pendant dix ans des travaux auxquels ils ont collaboré. Mais tandis que le premier de ces articles parle des « édifices construits », le second mentionne les « gros ouvrages » faits ou dirigés par les architectes et les entrepreneurs, ce qui semble bien indiquer clairement que cette responsabilité exceptionnelle ne s'applique pas indistinctement à toutes sortes de travaux. Aussi les auteurs et la jurisprudence ont avec raison limité cette responsabilité aux seuls meubles et ont décidé généralement que la responsabilité des architectes et des entrepreneurs ne survit pas à la réception des travaux, lorsque le résultat de ces travaux a été un meuble, alors même que par incorporation ce meuble serait devenu un immeuble par destination. C'est en ce sens qu'il a été jugé qu'un appareil de fermeture de café consistant en panneaux à glace et en volets métalliques, dont l'architecte n'a fait que surveiller la pose, ne rentre pas dans la catégorie des gros ouvrages dont parle l'article 2.270. De même, les détériorations de revêtements de faïence qui ne comportent pour leur réparation que des travaux intérieurs de réfection partielle et ne

sont pas de nature à compromettre la solidité de l'édifice ne donnent pas lieu à l'application de la responsabilité décennale. Jugé au contraire que, lorsque les cheminées peuvent communiquer le feu à la charpente et que des infiltrations peuvent se produire dans la couverture, ce sont là des vices de construction se rattachant à de gros ouvrages dont l'entrepreneur est responsable.

Dans un arrêt en date du 17 février 1910, la Cour d'appel d'Aix a fait application de ces principes en décidant que l'installation d'un calorifère n'entre pas dans la catégorie des gros ouvrages au sujet desquels l'article 2.270 du Code civil impose aux architectes et aux entrepreneurs une garantie de dix ans. La Cour, dans son arrêt, a précisé avec raison qu'on ne doit entendre par gros ouvrages que ceux qui constituent la structure même de l'édifice ou ses parties maîtresses et que tel n'est pas le cas d'un calorifère qui n'est en général qu'un simple accessoire, indépendant de l'édifice proprement dit. En conséquence, la Cour d'Aix a décidé que, pour des travaux de cette nature, l'entrepreneur est dégagé par la vérification et la réception des travaux par le propriétaire.

AUGUSTE PÉLISSIER,

Docteur en droit, avocat à la Cour d'appel.

INFORMATIONS

Association des ingénieurs de chauffage et ventilation de France (Communiqué). — La cinquième réunion mensuelle de l'Association a eu lieu au siège social le 15 mars dernier sous la présidence de M. Durupt.

S'étaient fait excuser : MM. Beurienne, Grasset, Rouquaud.

Le Président, après avoir annoncé que l'Assemblée générale aurait lieu le 30 avril prochain au siège social, a donné la parole à M. Nillus pour développer sa conférence sur les :

« Différentes méthodes de calcul dans le chauffage à eau chaude. »

Dans cette fort remarquable conférence, l'auteur, avec toute la compétence que nous lui connaissons tous et qu'une fois de plus nous avons encore pu constater, partant de la théorie exactement scientifique du chauffage à eau chaude, passe en revue toutes les méthodes connues de calcul des circulations. Pour en faciliter la description et pour pouvoir placer chacune d'elles au rang scientifique qu'elle doit occuper, il les a classées en trois catégories bien nettement définies :

Les méthodes empiriques ;

Les méthodes approchées ;

Les méthodes exactes.

Malheureusement, l'ampleur du sujet traité n'a pas permis à M. Nillus de nous exposer en une seule soirée l'ensemble de son très important travail, et il a dû, au grand regret de tous les auditeurs, en remettre la dernière partie, « les méthodes exactes », à une prochaine séance.

Cette première partie de la conférence de M. Nillus a donné lieu à des échanges de vues, des explications fort intéressantes entre beaucoup de membres présents.

Les applaudissements les plus légitimes ne furent pas ménagés à l'auteur, et le Président, après l'avoir vivement félicité et remercié au nom de l'Association, a dit combien nous en attendions tous impatiemment la suite.

La séance fut levée à 11 heures.

Le service de placement est assuré pendant le mois de mars par M. FEUILLOLEY ; pendant le mois d'avril, par M. LOUBAT.

Congrès de chauffage et ventilation de Dresde. — Le VIII^e Congrès allemand de chauffage et de ventilation aura lieu cette année à Dresde du 12 au 14 juin.

Outre l'intérêt que présente le Congrès au point de vue des réunions techniques et amicales, Dresde, qui est une riche et jolie ville, offre aux visiteurs de nombreuses attractions.

Il s'y tiendra précisément cette année, de mai en octobre, une exposition internationale d'hygiène plus importante que toutes les précédentes et qui offrira un intérêt spécial au point de vue du chauffage et de la ventilation.

Cette exposition spéciale de chauffage et de ventilation réunit tous les appareils et dispositifs modernes et possède en outre une section historique rétrospective.

La direction du Congrès mettra des guides à la disposition des invités étrangers et sera particulièrement honorée si les femmes des visiteurs veulent bien se joindre à eux.

Le programme est composé comme suit.

Dimanche 11 juin, 8 heures du soir. Réception dans la grande salle du Palais de l'Exposition.

Lundi 12 juin, matin. Première séance du Congrès dans la salle des fêtes de l'Ecole technique supérieure royale.

Après-midi. Visite d'installations de chauffage et ventilation (Palais des États, Tribunal régional et prison. Hôtel de Ville, Abattoirs).

Soir. — Banquet dans la salle du Palais de l'Exposition.

Mardi 13 juin, matin. — Deuxième séance dans la salle d'audition de l'exposition internationale d'hygiène.

Rapport général et rapports spéciaux sur l'exposition. Visite d'ensemble de cette dernière.

Mercredi 14 juin, matin. — Troisième séance dans la salle des Fêtes de l'Ecole technique supérieure royale.

Après-midi. — Visites d'installations de chauffage et de ventilation.

Soir. — Visite de l'Opéra royal.

APPAREILS NOUVEAUX — CATALOGUES — CORRESPONDANCE

CORRESPONDANCE

Question n° 27. — Calcul d'un chauffage à eau chaude. — Pourriez-vous me faire connaître la formule permettant de calculer les diamètres d'une installation de chauffage par l'eau chaude et par laquelle on peut obtenir des diamètres très réduits. Le système se compose d'une chaudière ordinaire du commerce ; le tuyau de départ va directement aboutir au vase d'expansion et, après circulation dans ledit vase, l'eau se divise pour être distribuée aux radiateurs.

Il est à remarquer que le vase d'expansion est du modèle ordinaire du commerce et n'a aucune préparation spéciale.

L'installation fonctionne comme un thermo-siphon ordinaire, c'est-à-dire ne dépasse pas 95° au départ.

C. P., n° 41.

Réponse à la question n° 27. — Il nous semble comprendre, d'après votre exposé, que l'installation de chauffage à eau chaude pour laquelle vous désirez calculer les diamètres des conduites se

présente avec une distribution par en haut, et non par en bas, puisque vous dites que c'est après circulation dans le vase d'expansion que la distribution se fait aux divers branchements. Nous vous ferons remarquer en passant qu'il est préférable, toutes les fois où l'on n'est pas trop gêné par la hauteur, de ne pas faire partir le collecteur de distribution du vase d'expansion même, mais bien de la colonne montante verticale aboutissant audit vase.

Or, lorsque la distribution se fait par le haut, si l'on veut, comme vous semblez le désirer, arriver aux diamètres les plus réduits, il est bon de tenir compte, dans les calculs, des déperditions de chaleur par radiation directe que donnent toutes les conduites de l'installation ; car, dans presque tous les cas, si l'on en tient compte, on arrive à une augmentation de la force créatrice du mouvement de circulation plus considérable que celle subie de ce fait par les résistances.

D'autre part, il existe toujours, dans un chauffage à eau chaude, une quantité que, dans certaines limites du moins, on peut choisir arbitrairement, c'est la différence entre les températures de l'eau au départ de la chaudière et au retour. La température de 95° dont

vous parlez pour l'eau chaude à la sortie de la chaudière est un peu élevée et nous pensons qu'il vaudrait mieux ne pas dépasser 85°; mais on peut alors choisir pour les retours une température variant de 70° à 45° par exemple. Plus la différence de température entre l'aller et le retour est faible, plus le débit d'eau correspondant à la circulation est considérable et plus les conduits sont gros, mais plus aussi par compensation les radiateurs sont petits. Si donc l'on a un intérêt majeur à ce que les conduits soient très réduits, ce qui paraît être votre cas, il peut être avantageux dans certains cas de consentir à augmenter la surface des radiateurs pour diminuer les diamètres des conduites: dans ce cas, il y a lieu de choisir une assez forte différence de température entre l'aller et le retour, c'est-à-dire au moins 30° et au besoin plus.

Cela posé, vous trouverez dans le présent numéro de cette Revue (page n° 63), le texte d'une conférence de M. Nillus à l'Association des Ingénieurs de chauffage et ventilation de France, dans laquelle est exposée la question qui vous intéresse.

Vous pourriez, par exemple, utiliser pour vos calculs la formule suivante :

$$d = 0,00074 \sqrt{\frac{C^2 L}{ah \theta^2}}$$

dans laquelle :

d = diamètre de la conduite en mètres.

C = nombre de calories que doit transmettre la conduite envisagée.

L = longueur du circuit complet de la chaudière à la chaudière dont fait partie le tronçon envisagé, ladite longueur augmentée d'une longueur supplémentaire pour tenir compte des résistances locales, par exemple de 20 à 25 p. 100.

$$a = 2 \frac{\delta_0 - \delta_1}{\delta_0 + \delta_1}$$

δ_0 = poids spécifique de l'eau à la température de départ.

δ_1 = poids spécifique de l'eau à la température de retour.

h = hauteur du milieu du radiateur qui se trouve dans le circuit envisagé, au-dessus de la chaudière.

θ = excès de température entre l'eau à l'aller et au retour.

Cette formule peut vous servir à calculer une première valeur approchée des diamètres. Si l'on veut pousser plus loin l'exactitude, il faut alors, en se servant de ces premières valeurs approchées ainsi trouvées, utiliser une des nombreuses méthodes exactes, ou un graphique quelconque. Vous trouverez précisément un de ces graphiques à la page du texte auquel on fait allusion plus haut.

On obtient de cette manière la perte de charge par mètre dans chaque tronçon et il faut que la totalité des pertes de charges de tout le circuit soit égale à ah. Si l'on n'en est point ainsi, on modifie le diamètre d'un des tronçons jusqu'à ce que cette condition soit remplie.

X., Ingénieur à Paris.

BULLETIN MÉTÉOROLOGIQUE

MOIS DE DÉCEMBRE (1). — 1909-1910

STATIONS	ALTITUDE mètres	TEMPÉRATURE										HUMIDITÉ RELATIVE 0/0		PLUIE TOTAL en millimètres		NOMBRE DE JOURS de gels		FRÉQUENCE DES VENTS en %	
		1909					1910					1909	1910	1909	1910	1909	1910		
		MINIMUM absolu	date	MOYENNE	MAXIMUM absolu	date	MINIMUM absolu	date	MOYENNE	MAXIMUM absolu	date	1909	1910	1909	1910	1909	1910		
Parc Saint-Maur.	50	3,2	15	4,1	15,6	22	— 5,2	29	6,2	14,8	16	87	87	74,0	46,0	14	5	8,6	4,3
Dunkerque	9	— 3,0	21	4,4	12,5	23	— 4,3	23	6,8	12,8	16	87	86	112,3	63,8	6	2	5,6	4,6
Ste-Honorine-du-Fay	118	— 4,3	21	4,4	14,2	22	— 2,7	22	7,2	14,2	16	86	86	111,9	50,3	11	4	7,3	5,3
Jersey	55	— 1,5	12	6,4	12,2	1	— 2,7	28	8,6	12,7	16	82	85	126,0	70,3	1	0	7,3	5,3
Brest	65	— 3,0	16	7,1	12,4	1	0,0	28	9,3	13,0	10	88	88	107,0	96,3	2	1	9,3	4,6
Nantes	41	— 1,9	31	5,8	15,3	22	— 3,3	29	8,2	14,6	10	90	89	183,8	110,2	10	3	8,6	5,3
Langres	466	— 5,0	11	2,5	12,0	22-23	— 6,4	29	4,0	10,2	4	98	92	113,1	123,2	14	9	9,3	3,6
Nancy	224	— 3,2	16-17	4,5	15,6	22	— 7,8	29	4,9	12,8	13	83	83	110,0	80,4	12	7	6,3	5,3
Besançon	311	— 7,0	11	3,9	16,7	23	— 6,6	23	4,4	13,5	4	83	86	147,3	163,5	16	9	10,6	9,3
Lyon (Saint-Genis)	299	— 4,8	17	4,7	17,7	23	— 4,6	23	5,7	13,3	8	82	83	64,6	135,9	11	8	7,3	8,3
Clermont-Ferrand	388	— 6,0	11	5,4	18,4	23	— 6,0	24	5,7	13,4	10-16	»	77	91,6	104,7	11	11	5,3	2,6
Puy-de-Dôme	1467	— 8,9	10	— 0,3	11,3	22	— 11,1	23	— 0,1	7,8	22	»	89	218,3	285,5	24	23	6,3	4,6
Bordeaux	74	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Toulouse	194	— 3,5	10	7,8	18,0	20	— 4,2	29	7,8	16,3	10	»	84	36,6	43,3	3	4	1,3	3,3
Bagnères-de-Bigorre	547	— 4,0	10	7,1	23,7	14	— 7,0	29	6,5	18,2	10	»	68	129,9	133,6	6	8	6,3	5,6
Pic du Midi	2856	— 17,4	9	— 5,9	4,0	6	— 21,7	28	— 7,6	2,6	23	»	74	128,7	231,7	31	31	7,6	6,6
Perpignan	32	— 2,7	11	9,4	24,3	3	0,0	12	9,7	19,8	10	»	70	143,8	9,9	1	1	6,3	3,3
Marseille	75	— 1,2	31	9,2	17,8	1	— 2,0	24	8,9	16,3	4	»	77	31,6	121,3	4	4	11,6	7,3
Alger	39	»	»	»	»	»	5,1	29	14,5	26,6	8	»	60	»	164,3	»	0	»	18,3

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

Le Gérant : F. MARGY.

Paris-Tours. — Imprimerie E. ARRULT et C^o.