

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE - MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Thème

**CHAUFFAGE CENTRAL
D'UN GRAND BATIMENT**

Dirigé par :

Mr TOMCZAK

Etudié par :

Sassine NAJJAR

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE - MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Thème

**CHAUFFAGE CENTRAL
D'UN GRAND BATIMENT**

Dirigé par :

Mr TOMCZAK

Etudié par :

Sassine NAJJAR

Promotion Janvier 1984

Remerciements

Je tiens à remercier vivement Monsieur TOMCZAK pour les conseils qu'il m'a prodigués et pour son suivi tout au long de mon travail.

Ma gratitude va aussi à tous les enseignants qui ont contribué à ma formation.

Je n'oublierai pas enfin d'exprimer ma profonde reconnaissance au Gouvernement Algerien, qui m'a fourni tous les moyens nécessaires à ma formation d'ingénieur.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ma Nation Libanaise
sanglante et son peuple résistant.

TABLES DES MATIERES.

CHAPITRE 1 Introduction et généralités.

I-1- introduction.

I-2- généralités.

I-3- présentation du sujet. *

I-3-1- But du projet. X

I-3-2- Bases de calcul. X

I-3-3- Données de calcul. *planche*

CHAPITRE 2 Types de chauffage utilisés dans le bâtiment

2-1- Chauffage central

a- chauffage à eau chaude

b- chauffage à air chaud

c- chauffage à vapeur

2-2- Choix du type de chauffage.

a- mode de chauffage.

b- installation à eau chaude par gravité.

c- installation à eau chaude accélérée par pompe. *~~~~~ * planche*

d- mode de distribution:

- distribution supérieur

- distribution inférieur *

e- corps de chauffe

CHAPITRE 3 Notion théoriques de base.

3-1- Théorie générale du phénomène de l'échange de chaleur.

a- par rayonnement

b- par convection

c- par conduction

3-2- Flux de chaleur.

3-3- Coefficient de conductivité.

3-4- Résistance thermique.

3-5- échange de chaleur entre deux ambiances séparés par une paroi.

3-5-1 équation de la densité du flux à travers la paroi proprement dite (échange par conduction).

3-5-2- coefficient d'échange thermique de surface.

3-5-3- résistance thermique globale R_v .

3-5-4- coefficient de transmission thermique globale K .

3-5-5- coefficient de transmission thermique moyen E_m .

CHAPITRE 4 Le calcul des installation de chauffage et les bases de la technique calorifique.

1- les besoins calorifiques. X

2- les besoins calorifiques pour pertes par transmission. *Shim*

2-1- les principes de calcul. * * * *

2-2- les deperditions calorifiques par transmission Q_0 .

- 2-3- les coefficients K des parois, fenêtre, plancher et toitures. * 71
- 2-4- les hypothèses de température. * *
- 3- les majorations. * *
- 3-1- Le coefficient D. *
- 3-2- la majoration Z_u pour interruption d'exploitation. *
- 3-3- la majoration Z_a pour compensation des parois extérieures froides. *
- 3-4- Groupement des majorations Z_u et Z_a . *
- 3-5- La majoration Z_h pour orientation. *
- 4- les besoins calorifiques pour pertes par ventilation. * *
- 4-1- les principes de calcul.
- 4-2- perméabilité des fenêtres et portes $\Sigma (aL)$.
- 4-3- la caractéristique d'immeuble H.
- 4-4- la caractéristique de local R.
- 4-5- la majoration pour fenêtre d'angle Z_e
- 5- conduite des calculs.
- 5-1- besoins calorifiques pour pertes par transmission. *pour 2/2*
- 5-2- besoins calorifiques pour pertes par ventilation *2/2*

CHAPITRE 5 Problèmes d'écoulement

- 5-1- les lois de l'écoulement dans les conduites
- 5-1-1- écoulement d'un fluide idéal.
- 5-1-2- écoulement d'un fluide réel.
- 5-2- les pertes de charge dans les réseaux de tuyauterie.
- 5-2-1- les pertes de charge dans les conduites rectilignes.
- 5-2-2- résistances particulières

CHAPITRE 6 Calcul des réseaux de tuyauteries.

- 6-1- Types de calcul.
- 6-1-1- les tronçons partiels et leurs pertes de charge.
- 6-1-2- deux groupes de problèmes.
- 6-1-3- calcul provisoire et calcul définitif.
- 6-1-4- hypothèses sur la vitesse.
- 6-2- Planches pour le calcul des réseaux de chauffage.

CHAPITRE 7 Poste central de production d'eau chaude sanitaire.

- 7-1- Généralités.
- 7-2- Introduction.
- 7-3- Calcul des diamètres des tuyauteries de distribution.
- 7-4- Débits instantanés et débits simultanés.
- 7-5- Perte de charge.
- 7-6- Pression motrice ou disponible.
- 7-7- Calculs.
- 7-8- Calcul des pertes de chaleur dans les tuyauteries.
- 7-9- Détermination des diamètres "retours".

CHAPITRE 8 Echangeur et Pompe

8-1- échangeurs de chaleur.

8-1-1- introduction.

8-1-2- dimensions des échangeurs.

8-2- Calcul de la pompe.

8-3- Puissance du réchauffeur.

8-4- Détermination de la pompe de l'eau sanitaire.

8-5- organes de sécurité.

8-6- Tubes des tuyauteries.

8-7- Régulation en chauffage central.

8-7-1- introduction.

8-7-2- but de la regulation.

Chapitre -1-
Introduction et Généralités

I-1. Introduction

C'est le but des installations de chauffage, de créer dans les salles de séjour et de travail le climat nécessaire quelles que soient les perturbations extérieures et intérieures.

La notion de " Climat " comprend aussi bien des composantes thermiques comme les températures de l'air et des murs, que des caractéristiques et grandeurs physiques de l'air, telles que pureté, humidité et intensité de mouvement.

Pour le calcul des installations, du point de vue calorifique, il suffit en général de s'en tenir aux phénomènes permanents de transfert de chaleur. Ceci est également valable pour déterminer les besoins calorifiques des bâtiments à chauffage normal, avec arrêt ou ralentissement durant la nuit, pour autant que les températures intérieures et extérieures, bien que variant périodiquement, puissent être représentées par des valeurs moyennes sur une durée de 24 heures (état quasi-stationnaire), l'énergie calorifique supplémentaire nécessaire pour la mise en route peut le plus souvent être déterminée d'une manière suffisamment précise à l'aide de calculs approchés.

I- 2. Généralités:

La chaleur nécessaire au chauffage de plusieurs pièces est produite en un seul endroit (chaufferie centrale) et distribuée dans celles-ci par l'intermédiaire d'un véhicule de chaleur, on se trouve en présence d'un "chauffage central". On distingue suivant la nature du véhicule de chaleur, les chauffages à eau chaude, à vapeur, ou à air chaud. Les systèmes les plus courants pour les chauffages normaux d'immeubles sont les chauffages à eau chaude (à des températures de départ de la chaudière allant jusqu'à 100°C) et les chauffages à vapeur basse pression (inférieure ou égale à 0,5 atm)

Par rapport au chauffage au moyen de poêles, le chauffage central offre une série d'avantages, la production de la chaleur avec un seul feu permet d'améliorer la conception technique du foyer dans lequel il est produit. La conduite du feu et le réglage sont simplifiés, la plupart du temps, l'efficacité se trouve améliorée.

la chauffe au coke ou au combustible liquide, généralement employée pour les installations de faible et moyenne puissance, garantit une combustion sans fumée et sans suie. En général, une chaufferie centrale est mieux surveillée et mieux conduite que plusieurs feux individuels. D'autres avantages du chauffage central résident dans le fait que les pièces d'habitation ne sont plus salies par la manutention du combustible et des cendres, que les corps de chauffe sont moins encombrants, et qu'il devient possible de chauffer également outre les pièces principales, les pièces secondaires, les escaliers, les salles de bains, et partout où de nombreuses pièces d'un même bâtiment doivent être chauffées simultanément, il y'a lieu d'installer un chauffage central.

I-3 Présentation du sujet:

(I-3.1 But du projet:

A travers cette étude, on se propose d'assurer le chauffage des locaux, ainsi que la production d'eau chaude sanitaire pour 50 logements, chaque logements comportant une cuisine contient un évier d'eau chaude et une salle de bain contient une baignoire et un lavabo.

I-3-2. Bases de calcul:

Pour calculer une installation de chauffage, il faut calculer les besoins calorifiques, et pour cela il est nécessaire de connaître certaines données concernant le bâtiment à chauffer.

Plan de situation du bâtiment.

Il doit montrer l'orientation ainsi que l'exposition au vent, on doit donc également avoir des indications sur la hauteur des bâtiments voisins et sur d'autres facteurs d'influence .

Plans du bâtiment

Comportant les dimensions de construction y compris les mesures intérieures des fenêtres et portes.

Coupe du bâtiment avec indication;

Des hauteurs libres des locaux, des hauteurs d'étage prises de niveau supérieur de plancher à niveau supérieur de plancher et hauteur des portes et fenêtres.

- Données sur le type des murs, planchers et couvertures.
Les types inhabituels sont à décrire de façon suffisamment détaillée pour que les coefficients de transmission globaux puissent être calculés.
- Données sur les fenêtres
Construction des fenêtres (fenêtre simple, composées ou doubles)
matériaux des fenêtres (bois, matière synthétique, acier, métal)
Dimensions des vantaux ouvrants ou indication des longueurs de joints.
- Données sur les portes
Avec ou sans seuil.
- Données sur les destinations des locaux, y compris un tableau des heures d'utilisation (heures de chauffage à pleine puissance) car le mode d'exploitation de l'installation et les majorations pour le calcul des besoins calorifiques sont à fixer en conséquence.

I-3-3 Données de calcul.

On obtient à l'aide des abaques et tableaux numériques les données de calcul suivantes :

Température extérieure + 10°C

Température des locaux :

Chambre à coucher, salle de séjour, chambre d'enfants, cuisine
+ 20°C.

Salle de bains + 24°C

Cage d'escalier, couloir ouvert à l'extérieur = + 10°C

Vide sanitaire, 7 à 8°C

Données nécessaires pour le calcul des besoins calorifiques :

Hauteur d'étage: 2,8m

Hauteur des locaux: 2,50

Murs extérieurs: Briques de laitier (DIN 398)

Briques de laitier Hs 100 et Hs 150, 38cm

densité brute > 1800 Kg/m³

Murs intérieurs: Briques de laitier (DIN 398)
Briques de laitier HS 100 et HS 150
25cm, 12cm, densité brute > 1800 Kg/m³
Plafond en béton armé avec solives: 30 cm

Fenêtre : doubles en bois.

Porte de balcon: bois avec remplissage laine de verre, porte simple.

Porte intérieurs sans seuil.

Condition de vent: région normale, site découvert, maison d'alignement.

Température de l'eau chaude sanitaire : 60°C.

Chapitre - 2 -

Types de chauffage utilisés dans le BATIMENT.

2-1 Chauffage central:

Suivant la nature du fluide utilisé on distingue un chauffage à eau chaude, à air chaud, et à vapeur.

a- chauffage à eau chaude:

Ce type de chauffage est très utilisé actuellement.

Selon que l'installation communique ou non avec l'atmosphère. On dit qu'on a un chauffage à eau chaude basse pression ou haute pression. On rencontre des systèmes de circulation de l'eau chaude par pompe (circulation accélérée) ou par gravité.

b- chauffage à air chaud:

Suivant le procédé employé pour réchauffer l'air, on distingue les chauffages à air chaud: - à foyer

- à la vapeur

- à l'eau chaude

Dans le premier cas, l'air se réchauffe directement au contact des parois du foyer du générateur:

Dans les deuxième et troisième cas, l'air à réchauffer est envoyé sur des surfaces de chauffe chauffées elles-mêmes à la vapeur ou à l'eau chaude. Si la circulation de l'air se fait naturellement, on a affaire à des chauffages à air chaud par gravité, qui, dans la pratique, ne sont guère utilisés que pour réchauffer directement l'air des locaux à chauffer eux-mêmes.

Les chauffages à air chaud peuvent être ^{à air} neuf, à air de reprise ou à air mélangé (neuf et de reprise). Le "chauffage à air neuf" ne fait appel qu'à l'air extérieur qui est rejeté après avoir cédé sa chaleur utile. Dans le "chauffage à air de reprise" c'est toujours le même air qui travaille, sans qu'il soit fait appel à l'air neuf. Le "Chauffage à air mélangé" est une combinaison des deux premiers systèmes dans laquelle une partie de l'air ayant cédé sa chaleur utile est renvoyée de nouveau dans le local (air de reprise), tandis que l'autre partie rejetée à l'extérieur est remplacée par de l'air neuf.

Les chauffages à air neuf sont fort peu économiques.

On ne peut y avoir recours que lorsque la ventilation de la pièce doit être très active ou lorsqu'il s'agit de très courtes durées de chauffage.

c. Chauffage à vapeur:

Dans ce cas le fluide chauffant est de la vapeur d'eau produite par des générateurs de chaleur (chaudières)

Cette vapeur d'eau peut être à basse ou haute pression mais, limitée par la réglementation, d'où nécessité d'un contrôle rigoureux et constant.

2.2. Choix du type de chauffage:

Il n'est pas aisé de faire le choix d'un type de chauffage, car la diversité, type de construction et manière d'exécution etc... ne permet pas de comparer en un temps limité les avantages et les inconvénients dans chaque cas particulier - Cependant certains facteurs prennent la priorité sur l'autre pour l'étendue du choix.

a - Mode de chauffage;

On impose au fluide utilisé en chauffage certaines conditions à savoir :

- une bonne accumulation de chaleur
- un pouvoir d'écoulement acceptable
- une composition chimique neutre (pour éviter la corrosion des canalisations)

L'eau satisfait à ces conditions - Nous opterons donc pour un chauffage à eau chaude d'autant plus que l'eau est très abondante dans la nature - On notera qu'il est utile de traiter l'eau avant son utilisation pour éviter l'entartrage des conduites d'eau chaude.

b- INSTALLATION A EAU CHAUDE PAR GRAVITE.

Bien que l'on n'utilise plus aujourd'hui les chauffages par gravité - Ce sont des chauffages à eau chaude avec circulation uniquement naturelle (par thermosiphon) que pour les petits bâtiments.

Le principe de fonctionnement est représenté par le système simplifié de la figure 1, ne comportant qu'une chaudière et un radiateur. Il sera admis que les variations de température de l'eau s'effectuent uniquement dans le radiateur et dans la chaudière mais non dans la tuyauterie.

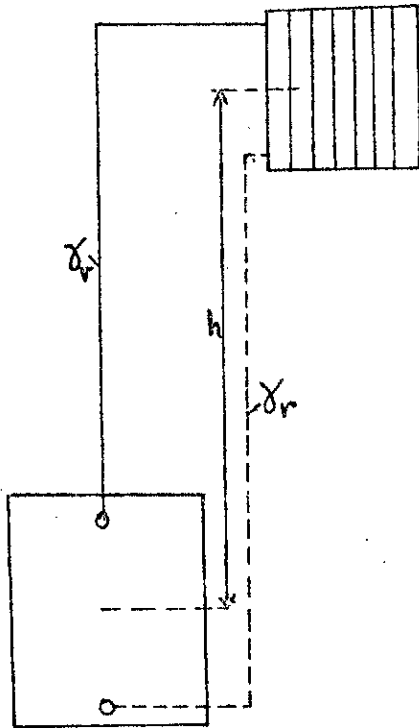


Fig 1. Schema d'un chauffage par gravité.

b.1 Charge motrice:

La force qui maintient l'eau en circulation est produite par la différence de poids entre la colonne d'eau de la tuyauterie de retour et celle plus légère de la tuyauterie de départ.

On aura alors l'équation:

$$H = h (\gamma_r - \gamma_v) \quad (\text{Kgp/m}^2)$$

H la charge motrice, en Kgp/m²

h la différence de hauteur entre axes chaudière et radiateur

γ_v le poids volumique de l'eau dans la tuyauterie de départ en Kgp/m³.

γ_r le poids volumique de l'eau dans la tuyauterie de retour, en Kgp/m³

c - Installation à eau chaude accélérée par pompe.

Dans ces installations, la pression motrice est donnée mécaniquement par une pompe ou un accélérateur une pompe est constituée d'une roue centrifuge actionnée par un moteur électrique.

Un accélérateur (ou circulateur) est constitué en général par une roue hélicoidale actionnée par un moteur électrique.

- Le type de circulation par pompe (ou accélérée) est de plus en plus utilisé de nos jours.

Nous choisissons donc ce système pour son prix de revient acceptable et son adaptation au chauffage de locaux sur une surface étendue.

d - Mode de distribution:

On distingue deux modes de distribution

- distribution supérieure encore appelée "parapluie"

dans ce système le collecteur de départ (eau chaude) passe à la partie supérieure du bâtiment, le collecteur de retour (eau refroidie) passe à la partie inférieure, l'air et le gaz dissous s'évacuent ici automatiquement (si la pente est dans le bon sens) au fur et à mesure de leur production.

Dans les installations thermosiphon les radiateurs sont toujours placés au-dessus de la chaudière.

- Distribution ^{inférieure} dite encore en "chandelle"

Dans ce système les collecteurs de distribution passent à la partie basse de l'installation et desservant les colonnes verticales. Pour évacuer l'air et les gaz dissous on place aux points hauts soit des purgeurs, soit un réseau de purge (ou d'évent) dont le niveau est situé au-dessus de la ligne d'eau dans le vase d'expansion.

Le choix entre la distribution inférieure et la distribution supérieure dépend des conditions architecturales, possibilité de passage en cave ou dans le grenier etc....

- Distribution supérieur "monstube" qui utilisent des colonnes servant à la fois pour "l'aller" et le retour. Mais l'émission des radiateurs n'est pas constante, on choisie pour notre installation une distribution par en dessous (inférieure) placée en vide sanitaire pour des raisons économiques.

e - Corps de chauffe.

Cet élément de l'installation doit chauffer l'ambiance d'un local donné par convection et par rayonnement - le fluide véhiculant la chaleur étant de l'eau chaude.

On choisira donc un appareil appelé (radiateur) -

C'est un échangeur de chaleur qui doit avoir une faible résistance thermique et une surface de chauffe en fonction des déperditions thermiques du local considéré.

On choisit un tube radiateur en fonte 60 largeur 110mm, fluide chauffant 80°C, hauteur hors 550 mm.

Distance des raccords : 500 mm

Ecart admissible $\pm 0,3$ mm

Chapitre - 3 -

Notions Théoriques de Base

3.1 - Théorie générale du phénomène de l'échange de chaleur.

La température traduit la vitesse d'agitation des particules élémentaires de la matière. Entre deux corps dont la température est différente se produit inévitablement un flux calorifique, la chaleur se déplaçant du corps chaud vers le corps froid jusqu'à ce qu'il y ait équilibre de température. Aucun moyen ne permet d'empêcher l'échange de chaleur, seule son intensité peut être modifiée.

L'échange de la chaleur s'effectue de trois manières différentes:

a) par rayonnement

Tous les corps solides et liquides émettent, par leur surface, de l'énergie sous forme d'ondes électromagnétique. Si une énergie rayonnée rencontre un corps absorbant ces longueurs d'ondes elle se transforme en chaleur. Ce transfert ne nécessite aucun support matériel et se produit même dans le vide.

Exemple: le soleil chauffe la terre par rayonnement.

b) Par convection

Le mode d'échange thermique est propre aux fluides (gaz ou liquide). Les molécules directement au contact d'une surface solide absorbent ou cèdent de la chaleur suivant les températures respectives de la surface et des fluides.

Les différences de température provoquent des différences de masse volumique qui engendrent les mouvements de convection (les molécules les plus chaudes étant les plus légères et ayant tendance à monter)

Exemple: le radiateur de chauffage central élève la température des molécules d'air au contact de ses éléments, molécules, qui deviennent plus légères par dilatation, montent vers le plafond et sont remplacées par d'autres molécules.

c) par conduction

La conduction traduit l'échange de chaleur s'effectuant par propagation à l'intérieur d'un solide.

Exemple: la propagation de la chaleur le long d'une barre de métal dont une extrémité est soumise à l'action d'une flamme s'effectue par conduction.

REMARQUES:

Ces trois modes d'échanges se produisent simultanément comme nous le verrons dans l'étude du mécanisme de l'échange de la chaleur à travers une paroi.

La conduction pure n'existe pas dans les matériaux de construction du fait de la présence d'alvéoles plus ou moins gros et réguliers. Il s'agit d'une conduction apparente, tenant compte des phénomènes de rayonnement et de convection à l'intérieur des alvéoles.

3 - 2 FLUX de chaleur.

Le flux de chaleur (symbole Φ) est la quantité de chaleur (Q) échangée par unité de temps (t):

$$\Phi = \frac{Q}{t} \quad (3-1)$$

Il exprime une énergie par unité de temps, c'est-à-dire une puissance et se mesure en Watts.

Il est à noter que les thermiciens continuent à utiliser, comme unité de flux de chaleur, la Kcal/h (unité qui n'est plus légale)

$$1 \text{ W} = 0,860 \text{ Kcal/h}$$

$$1 \text{ Kcal/h} = 1,16 \text{ W}$$

Il est commode, pour le calcul des déperditions de chaleur dans le bâtiment, de rapporter le flux à l'unité de surface A. Ce rapport s'appelle la densité de flux.

$$(\text{symbole } \varrho): \varrho = \Phi / A \quad (3-2)$$

La densité de flux se mesure en Watts par mètre carré:
W/m².

3-3 Coefficient de conductivité:

La conductivité thermique d'un corps est par définition la densité du flux le traversant pour une différence de 1°C entre les températures des deux faces séparées par un mètre d'épaisseur.

Le symbole de la conductivité thermique est la lettre grecque λ (lambda)

Ce coefficient λ , compte tenu de sa définition, s'exprime:

- dans le système S.I; en W/m².°C
- dans le système des thermiciens en Kcal/h.m.C°

plus le lambda (λ) d'un corps est faible, plus ce corps s'oppose au transfert de chaleur, plus il est isolant.

REMARQUES:

Le λ n'est jamais nul. Cela explique pourquoi un isolant ne peut que ralentir l'échange de chaleur.

Le λ varie avec la température du corps considéré.

Il augmente si la température croît et, inversement, diminue lorsque la température baisse: l'augmentation de température, en effet, occasionne une augmentation du rayonnement, de la convection et de la conduction.

Les matériaux de construction contiennent toujours une certaine quantité d'humidité qui accroît leur conductivité.

3.4 Résistance thermique:

Dans les calculs à effectuer en isolation thermique, on a besoin de connaître la résistance au flux de chaleur offerte par un corps d'épaisseur donnée. Cette résistance thermique, notée R_u , est proportionnelle à l'épaisseur du matériau et inversement proportionnelle à sa conductivité

$$R_u = \frac{e}{\lambda} \text{ en m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W} \quad (3.3)$$

e: épaisseur du matériau est exprimée en mètre.

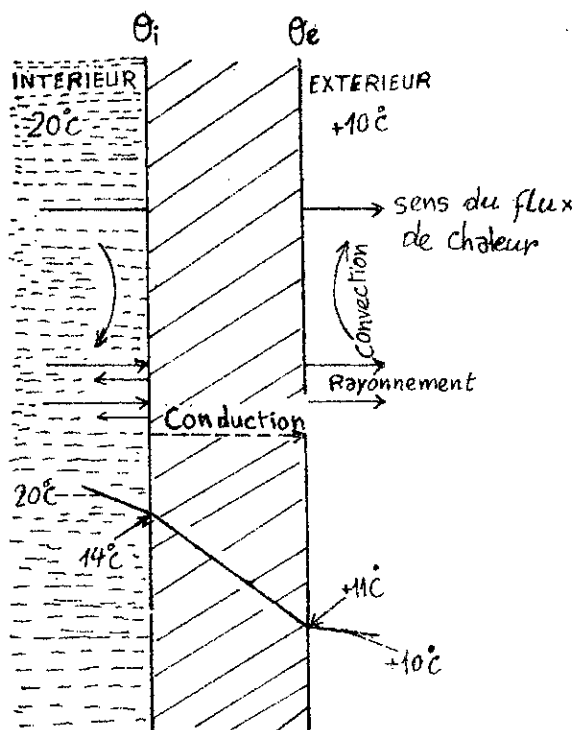
3.5 - échange de chaleur entre deux ambiances séparées par une paroi.

Le phénomène de l'échange de chaleur entre deux ambiances (intérieure et extérieure) de température différente ($T_i > T_e$), séparées par une paroi, par une paroi, s'effectue de la façon suivante:

La chaleur issue du milieu intérieur est transmise à la paroi par rayonnement et convection. Elle traverse la paroi par conduction, puis elle est restituée au milieu extérieur par rayonnement et convection.

A l'intérieur de la paroi, la température n'est pas uniforme.

Dans un mur homogène, elle décroît régulièrement de la face interne vers la face externe.



3-5-1 équation de la densité du flux à travers la paroi proprement dite (échange par conduction)

Plaque simple: considérons une portion de $1m^2$ au centre d'une paroi de très grande surface et composée d'un matériau homogène.

Les deux faces de cette paroi sont à des températures: θ_i et θ_e (θ_e température de surface) intermédiaire entre les températures d'ambiance.

La différence de température crée un flux de chaleur dirigé de θ_i vers θ_e quand $\theta_i > \theta_e$. La densité de ce flux est proportionnelle à la différence de température et inversement proportionnelle à la résistance thermique de la paroi:

$$\varphi = \frac{\theta_i - \theta_e}{R_u} = \frac{\theta_i - \theta_e}{e/\lambda}$$

Plaques juxtaposées: si une paroi est composée de plaques parallèles faites de matériaux différents, les résistances thermiques de chacune des plaques s'ajoutent pour s'opposer au passage du flux de chaleur:

$$\varphi = \frac{\theta_i - \theta_e}{R_{u1} + R_{u2} + R_{u3} + \dots + R_{un}}$$

On écrit d'une manière générale:

$$\varphi = \frac{\theta_i - \theta_e}{\sum R_u} = \frac{\theta_i - \theta_e}{\sum \frac{e}{\lambda}} \quad (3.4)$$

3-5.2 - Coefficient d'échange thermique de surface

Il s'agit en fait du coefficient d'échange superficiel.

Avant de traverser la paroi, le flux de chaleur doit tout d'abord atteindre la face interne de la paroi. Ce transfert s'effectue par rayonnement et convection. Il se traduit par un coefficient d'échange superficiel interne dont le symbole est h_i .

Après avoir transversé la paroi par conduction, le flux de chaleur est transféré à l'ambiance extérieure par la face externe de cette paroi, par convection et rayonnement. Ce dernier transfert se traduit par le coefficient d'échange superficiel externe h_e .

Les faces internes et externes de la paroi opposent ainsi au passage du flux de chaleur des résistances dites résistances superficielles, inverses des coefficients d'échange superficiel et qui ont respectivement pour expression

$$\frac{1}{h_i} \quad \text{et} \quad \frac{1}{h_e}$$

Les valeurs de $\frac{1}{h_i}$ et de $\frac{1}{h_e}$ diffèrent en fonction de l'inclinaison de la paroi considérée et du sens du flux de chaleur.

La densité du flux entre l'air et la paroi est égale à:

$$\varphi = \frac{T_i - \theta_i}{\frac{1}{h_i}} \quad (3.5) \quad (\text{côté interne})$$

$$\text{et} \quad \varphi = \frac{\theta_e - T_e}{\frac{1}{h_e}} \quad (3.6) \quad (\text{côté externe})$$

La densité du flux thermique garde la même valeur en quelque endroit qu'on le considère.

Ceci s'exprime par les égalités :

$$\varphi = \frac{\theta_i - \theta_e}{R_u} = \frac{T_i - \theta_i}{1/h_i} = \frac{\theta_e - T_e}{1/h_e} \quad (3.7)$$

3- 5 3 - Résistance thermique globale R

L'expression (3.7) peut s'écrire:

$$\varphi = \frac{T_i - T_e}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_e}} \quad (3.8)$$

Le facteur: $\frac{1}{h_i} + \sum \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_e}$ est appelé: résistance thermique globale R. Il s'exprime en $m^2 \text{C/W}$.

En effet, le passage du flux de chaleur à travers la paroi est freiné par la résistance thermique R_u propre à cette paroi (paroi homogène:

$$R_u = \frac{e}{\lambda}$$

paroi hétérogène: $R_u = \sum \frac{e}{\lambda}$) à laquelle s'ajoutent les résistances superficielles $\frac{1}{h_i}$ et $\frac{1}{h_e}$.

Plus la résistance thermique R d'une paroi est grande et plus la densité du flux de chaleur la traversant est faible. Autrement dit, plus la valeur de R est élevée, plus la paroi considérée est isolante.

3-5 4 - Coefficient de transmission thermique utile K
(tableau A 19, A 21)

L'inverse de la résistance thermique globale R est appelé :
Coefficient de transmission thermique utile K.

$$K = \frac{1}{R} \quad \text{ou} \quad K = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_e}} \quad (3.9)$$

Le coefficient K exprime la quantité de chaleur passant à travers une paroi séparant deux ambiances dont l'écart de température est de 1 degré, par mètre carré de paroi, pendant l'unité de temps.

Il est l'expression de l'aptitude d'une paroi à permettre le passage de la chaleur. Plus le coefficient K est grand, plus la qualité thermique de la paroi est mauvaise.

Le coefficient K s'exprime donc :

- en W/m²°C, ou en Kcal/m².h.C°

La détermination du coefficient K est à la base de tous les calculs thermiques du bâtiment :

- puissance des appareils de chauffage à installer
- température de surface des parois,
- bilan thermique
- etc.

3- 5 5 - Coefficient de transmission thermique moyen Km

Si une paroi est hétérogène sur sa surface (par exemple, mur de remplissage en briques creuses entre des poteaux en béton armé), on calcul le coefficient de transmission thermique moyen Km en fonction de la valeur du coefficient K de chaque composant et de leur surface respective, à l'aide de la formule suivante :

.../...

$$K_m = \frac{K_1 A_1 + K_2 A_2 + \dots + K_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3.10)$$

Où K_1, K_2, \dots, K_n sont les coefficients K surfaciques correspondant aux surfaces A_1, A_2, \dots, A_n .

Chapitre - 4 -

Le Calcul

Des Installations de Chauffage

Et les Bases

De la Technique Calorifique.

I. Les besoins calorifiques

I. 1 Généralités

I. 11 Les besoins calorifiques, caractéristique de la construction

Les besoins calorifiques d'un local sont une pure caractéristique de la construction, qui n'a rien à voir avec le système de chauffage projeté ou réalisé.

Ils dépendent des dimensions du local, du genre de construction de ses murs, des dimensions des fenêtres, etc.. Pour l'entreprise de chauffage les besoins calorifiques constituent la base du dimensionnement des surfaces de chauffe et des chaudières. En premier lieu il faut installer assez de surfaces de chauffe pour pouvoir obtenir des températures intérieures suffisantes même en cas de froid rigoureux et durable. En deuxième lieu les dimensions des surfaces de chauffe de l'ensemble des locaux d'un bâtiment doivent être ajustées entre elles afin d'assurer un rechauffage uniforme de tous les locaux car il faut éviter d'avoir à surchauffer l'ensemble du bâtiment à cause de quelques locaux seulement.

Quand les températures intérieures et les conditions climatiques extérieures restent inchangées (état stationnaire), les besoins calorifiques d'un bâtiment sont identiques à la somme de toutes les déperditions de chaleur à travers l'enveloppe extérieure des locaux chauffés. Ces déperditions sont de deux genres:

- d'une part, à cause de la température intérieure plus élevée, de la chaleur est en permanence perdue vers l'extérieur (déperditions calorifiques par transmission) par les parois, fenêtres, planchers, etc...

- d'autre part l'air traversant un bâtiment est réchauffé à la température intérieure entraîne avec lui à l'extérieur une partie de la chaleur de chauffage fournie.

(déperditions calorifiques par ventilation)

I. 12 Méthode de calcul unifiée

Pour assurer des bases uniques au dimensionnement des surfaces de chauffe locales et à la puissance de chauffage totale à installer la méthode de calcul des besoins calorifiques a été normalisée (DIN 4701) ⁽¹⁾ la norme rassemble en même temps les valeurs de calculs les plus importantes comme par exemple les températures intérieures et extérieures, les coefficients K des divers types de construction de parois, planchers et fenêtres, les valeurs des infiltrations d'air par les portes et les fenêtres.

I. 13 Calcul normal et cas particuliers:

La norme DIN 4701 donne des règles précises de calcul des besoins calorifiques de la plupart des genres d'immeubles, ainsi par exemple pour: les bâtiments d'habitation et de bureaux, magasins, écoles... etc...

Les bâtiments exposés à des vents forts tombent également dans le domaine de validité de la méthode de calcul d'après DIN 4701.

2. Les besoins calorifiques pour pertes par transmission.

2. 1 Les principes de calcul.

La norme 4701 fait la distinction pour un calcul déterminé entre pertes calorifiques par transmission \dot{Q}_0 et besoins calorifiques \dot{Q}_T correspondant à ces mêmes pertes.

\dot{Q}_0 résulte de la somme des pertes par transmission globale de tous les éléments de l'enveloppe d'un local à la plus faible température extérieure. Mais d'autres facteurs d'influence sont introduits sous forme de majorations.

(1) DIN 4701. Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs Von Gebäuden, Janvier 1959.

Des déperditions calorifiques par transmission on déduit les besoins calorifiques correspondant à ces pertes, en multipliant celles-ci par un coefficient de majoration Z , qui contient les majorations partielles suivantes:

Z_u pour interruption d'exploitation du chauffage

Z_A pour compensation des surfaces extérieures froides,

Z_H pour orientation

Pour les besoins calorifiques de transmission \dot{Q}_T on peut donc écrire :

$$\dot{Q}_T = \dot{Q}_0 (1 + Z_u + Z_A + Z_H) = \dot{Q}_0 Z \quad (4.1)$$

2.2. Les deperditions calorifiques par transmission \dot{Q}_0

Les deperditions calorifiques par transmission \dot{q}_0 se calculent pour chaque surface d'enveloppe d'un local, cédant de la chaleur d'après les lois de la transmission globale de la chaleur en régime établi.

$$\dot{q}_0 = KS (t_i - t_a) \quad (4.2)$$

Où \dot{q}_0 signifie les déperditions calorifiques horaires de l'élément de construction en Kcal/h

S la surface de l'élément de construction en m^2 , K le coefficient de transmission global de la chaleur en Kcal/ $m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$

t_i la température intérieure en $^\circ C$

t_a la température à l'extérieur ou dans le local voisin en $^\circ C$

Si $t_a > t_i$ c'est-à-dire si la température de l'air dans le local voisin est plus élevée, le calcul de \dot{q}_0 donne une valeur négative c'est-à-dire un gain de chaleur la somme des déperditions élémentaires \dot{q}_0 donne les deperditions par transmission \dot{Q}_0 de la totalité du local, donc $\dot{Q}_0 = \sum \dot{q}_0$

2.3 Les coefficients K des parois, fenêtre, plancher et toitures.
Le coefficient de transmission global K se détermine par l'équation (3, 9).

Il est ainsi possible de déterminer le coefficient des déperditions globale de n'importe quel type de parois DIN 4701 donne directement les valeurs K pour les types de parois, planchers et toitures les plus importants en usage actuellement, les tableaux numériques A 19 et A20 reproduisent partiellement ces valeurs.

2.4 Les hypothèses de température.

On choisit ordinairement pour température intérieure des locaux chauffés $t_i = + 20 \text{ C}^\circ$ pour des locaux aux exigences de températures plus fortes ou plus faibles, le tableau numérique A 12 donne, d'après DIN 4701, les valeurs à garantir.

3. Les majorations

Toutes les majorations sont appliquées aux déperditions calorifiques par transmission de tout le local.

Une caractéristique importante pour les propriétés d'un local en matière de chauffage est le coefficient désigné par D.

3.1 Le coefficient D

Physiquement le coefficient D peut être regardé comme la perméabilité moyenne de l'ensemble des éléments de l'enveloppe d'un local. Un coefficient D élevé signifie un mauvais isolement calorifique, donc de grandes surfaces de murs extérieurs avec une faible valeur d'isolement et une forte proportion de fenêtre.

Le coefficient D d'un local se calcul par la formule

$$D = \frac{\dot{Q}_0}{S_{\text{tot}}(t_i - t_a)} \quad (4.3.)$$

S_{tot} est la surface totale de toutes les enveloppes des locaux, donc des murs extérieurs avec les fenêtres, des murs intérieurs avec les portes, du plancher et de la couverture. Si un local ne perd de la chaleur qu'à travers ses murs extérieurs, le coefficient D peut également s'écrire:

$$D = \frac{K_m S_a (t_i - t_a)}{S_{\text{tot}} (t_i - t_a)} = K_m \frac{S_a}{S_{\text{tot}}} \quad (4.4)$$

So est la surface des murs extérieurs comprises

Km le coefficient de transmission global moyen des parois extérieures.

3.2 - La majoration Z_u pour interruption d'exploitation.

Le but des majorations Z_u est de le permettre en plus de l'exploitation continue, qui naturellement n'exige aucune majoration pour interruption, il faut distinguer les trois modes d'exploitation suivants:

Mode d'exploitation I : exploitation continue avec toutefois réduction d'exploitation nocturne (bâtiment)

Mode d'exploitation II: interruption journalière de fourniture de chaleur d'une durée de 8 à 12 heures (bureaux, magasins)

Mode d'exploitation III: interruption journalière de fourniture de chaleur d'une durée de 12 à 16 heures (écoles, bâtiments d'usines)

Les majorations Z_u augmentant avec la durée de l'interruption d'exploitation. De plus elles sont échelonnées également d'après les valeurs D. Des petites valeurs de D demandent de grosses majorations; et des grandes valeurs, de petites majorations.

3.3 La majoration Z_A pour compensation des parois extérieures froides.

Comme le confort de l'homme dans un local ne dépend pas seulement de la température de l'air, mais également de la température moyenne de l'enveloppe du local, des locaux avec des parois extérieures grandes et minces ou avec des grandes fenêtres, sont sur le plan climatique du local plus défavorables que d'autres avec des murs épais ou des petites fenêtres;

De même des pièces d'angle sont plus défavorables que des locaux encastrés sur trois faces.

La température moyenne de l'enveloppe du local se retrouve dans le coefficient D, car celui-ci dépend du coefficient K moyen des parois extérieures et du rapport des dimensions des parois extérieures à la totalité de l'enveloppe du local.

Le coefficient D sert donc également de mesure aux majorations Z_A .

3.4 Groupement des majorations Z_u et Z_A .

Les deux majorations dépendent du coefficient D et peuvent donc, malgré leur signification physique tout à fait différente, être groupée pour le calcul en une majoration unique Z_D . Comme la majoration Z_u diminue quand le coefficient D augmente, pendant que la majoration Z_A croît, la majoration résultante Z_D varie beaucoup moins avec le coefficient D que ses constituants.

Les majorations Z_D sont rassemblées dans le tableau numérique A 14. Comme on peut considérer que dans le mode d'exploitation I les majorations Z_D sont indépendantes du coefficient D , il n'est pas nécessaire du tout dans ce cas fréquent de déterminer le coefficient D .

3.5 - La majoration Z_H pour orientation

La valeur des majorations qui doivent tenir compte des différences d'insolation est à prendre dans le tableau A 14 pour l'appréciation de l'orientation d'un local, il faut retenir pour des locaux encastrés sur 3 faces la position de la paroi extérieure et pour des locaux d'angle la direction du coin de la maison.

4 - Les besoins calorifiques pour pertes par ventilation.

4.1 - Les principes de calcul.

La quantité d'air qui pénètre sous l'effet du vent dans un local par les jointures des portes et fenêtres fermées, dépend des dimensions des zones non étanches des parties de bâtiment situées au vent et des différences de pression entre l'extérieur et l'intérieur. Sur la face extérieure, règne dans le cas le plus défavorable -direction du vent perpendiculaire - une pression dynamique correspondant à la vitesse du vent; à l'intérieur s'établit une pression qui est influencée par la résistance à l'écoulement du volume d'air introduit ainsi que par une éventuelle dépression sur les faces de l'immeuble non touchées par le vent. A cet égard, les maisons individuelles isolées se comportent différemment des maisons alignées ou de bâtiments d'un étage avec plusieurs appartements complètement séparés.

Pour caractériser les particularités d'un immeuble, dues à sa situation son lieu et son mode de construction on se sert de la " caractéristique d'immeubles " H.

Les résistances à l'écoulement de l'air sont concrétisées par une "caractéristique de local" R. Si l'on tient compte également dans H de la chaleur spécifique de l'air et des conditions spéciales des pièces d'angle par un facteur de majoration Z_E , les besoins calorifiques pour compenser les pertes par ventilation Q_L peuvent être calculés par l'équation:

$$Q_L = \sum (aL)_A \cdot RH (t_i - t_a) Z_E \quad (\text{Kcal/h}) \quad (4.5)$$

Les lettres signifient:

$\sum (aL)_A$ la perméabilité des fenêtres et portes au vent,

R la caractéristique de local.

H la caractéristique d'immeuble

$t_i - t_a$ la différence de température entre l'air intérieur et extérieur,

Z_E le facteur de majoration pour fenêtres d'angle.

4.2 - Perméabilité des fenêtres et portes $\sum (aL)$

Si l'on désigne par a la perméabilité à l'air d'un joint de fenêtre ou de porte par m de longueur pour une différence de pression donnée, la perméabilité de toutes les fenêtres et portes ayant chacune des joints d'une longueur L et exposées au vent dans les conditions les plus défavorables est donnée par $\sum (aL)_A$.

Le tableau A 15 indique les valeurs de calculs de la perméabilité spécifique à l'air a des plus importants types de fenêtre et de portes.

4.3 - La caractéristique de local R.

La caractéristique de local dépend de la perméabilité de toutes les fenêtres et portes $\sum (aL)_A$ exposées au vent, ainsi que de la perméabilité des fenêtres et portes par lesquelles l'air peut s'écouler du local.

Si cette perméabilité est désignée par analogie par $\sum (aL)_N$ la caractéristique de local R exprime le quotient

$$R = \frac{1}{\frac{\sum (aL)_A}{\sum (aL)_N} + 1} \quad (4.6)$$

Dans la plupart des cas l'air ne s'écoule d'un local exposé au vent que par les portes intérieures. Ainsi donc les dimensions de ces portes et leur étanchéité sont déterminantes pour $\Sigma(aL)_N$. Si l'on utilise des fenêtres et des portes de type courant, il n'ya pas de trop grandes différences dans la valeur de R des différents locaux d'un immeuble. La plupart du temps, on peut donc renoncer au calcul de la caractéristique de local R par la formule (4.6) et prendre la valeur dans le tableau numérique A 16.

4.4 - La caractéristique d'immeuble H

La caractéristique d'immeuble H est donnée par le tableau numérique A 17 pour divers genres de constructions et influences du vent.

En ce qui concerne la situation d'un local par rapport à l'action du vent, on distingue trois cas:

Site protégé: c'est le cas des centres des villes de construction serrée à condition que les immeubles ne dépassent pas sensiblement leur voisinage.

Site découvert: c'est le cas des maisons dans les cités ou les ensembles de bâtiments sont clairsemés ainsi qu'en ville, des maisons élevées, dépassant nettement leur voisinage.

Site exceptionnellement découvert: c'est le cas des maisons isolées construites sur des hauteurs.

4.5 La majoration pour fenêtre d'angle Z_E

Ce facteur n'est à envisager que pour des fenêtres et portes situées immédiatement dans l'angle de deux murs extérieurs contigus. Alors

$$Z_E = 1,2$$

Pour toutes les autres fenêtres et portes on a donc

$$Z_E = 1,0$$

5. Conduite des calculs

Les besoins calorifiques Q^o d'un local se calculent par l'équation:

$$Q^o = Q_T^o + Q_L^o = Q_o^o (1 + Z_D + Z_H) + Q_T^o \text{ (Kcal/h)} \quad (4.7)$$

5.1 - Besoins calorifiques pour pertes par transmission

Les abréviations suivantes seront utilisées pour caractériser les éléments de la construction dans les diverses lignes de l'exemple.

FS Fenêtre simple

FC Fenêtre composée

FD Fenêtre double

FZ Fenêtre double vitrage

IS Imposte simple

MI paroi intérieure

ID Imposte double

ME Paroi extérieure

PI Porte intérieure

B Plancher

PE Porte extérieure

H Plafond

C Couverture.

5.2 Besoins calorifiques pour pertes par ventilation:

Le calcul commence par la recherche de la direction du vent la plus défavorable pour chaque local; en même temps, on déterminera les fenêtres et portes extérieures exposées à introduire dans le calcul. On détermine la longueur de leur joint L sur les dessins des fenêtres. Ou si le type de fenêtres n'est pas encore fixé avec précision - Par le rapport $\frac{L}{S}$ du tableau numérique A 15b. La valeur $\sum(aL)_A$ de toutes les fenêtres et portes extérieures exposées du local considéré résulte alors de la perméabilité des joints a (tableau numérique A 15a). Il faut retenir comme longueur de joint d'une fenêtre ou d'une porte par la longueur totale de toutes les bases d'aération.

La suite dans le calcul de projet:

Abréviation	Orientation	Épaisseur du mur cm	Calcul des surfaces					Calcul des déperditions calorifiques					Majoration			Besoins calorifiques
			Longueur ou largeur m	Hauteur m	Surface m ²	Nombre	Déduction m ²	Chiffre retenu pour les calculs m ²	Coefficient K Kcal/m ² .h.°C	Différence de température Δt °C	Δt.K Kcal/m ² .h	Déperditions calorifiques par transmission Q ₀ Kcal/h	Z _D %	Z _H %	Z ₁ + %	
A	O	E	L	H	S	N	D	C	K	Δt	Δt.K	Q ₀	Z _D	Z _H	Z	Q _T + Q _L = Q _T Kcal/h

27

Salle de séjour 1 ; 20°C ; V = 53,86 m³ ; Rez-de-chaussée

ME	N	38	5,27	2,80	14,75	1	-	14,75	1,18	10	11,8	174				
ME	E	38	3,65	2,80	10,22	1	2,74	7,47	1,18	10	11,8	88				
FD	E	-	2,11	1,30	2,74	1	-	2,74	2,0	10	20	55				
B	-	30	5,27	-	19,23	1	-	19,23	1,15	12	13,86	266				
												583	7	5	1,12	Q _T = 653

Besoins calorifiques de ventilation

$$Q'_L = \sum (aL)_A HR (T - T_a) = 2,0 \times 8,8 \times 0,41 \times 0,9 (20 - 10) = 65$$

$$Q_L = 65$$

$$Q' = 718$$

Salle de séjour 2,3,4,5,6,7,8,9 ; 20°C ; V = 53,86 m³ ; Rez-de-chaussée

ME	E	38	3,65	2,8	10,22	1	-	7,47	1,18	10	11,8	88				
FD	E	-	2,11	1,30	2,74	1	-	2,74	2,0	10	20	55				
B	-	30	5,27	-	19,23	1	-	19,23	1,15	12	13,8	266				
												410	7	0	1,07	Q _T = 438

Besoins calorifiques de ventilation

$$Q'_L = \sum (aL)_A HR (T - T_a) = 65$$

$$Q_L = 65$$

$$Q' = 503$$

Tableau T. 4-1

A	O	E	L	H	S	N	D	C	K	Δt	$\Delta t \cdot K$	Q_o	Z_D	Z_H	Z	$Q_T + Q_L = Q'$
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------	--------------------	-------	-------	-------	-----	------------------

Salle de séjour 10 ; 20°C ; V = 53,86 m³ ; Rez - de - chaussée

ME	S	38	5,27	2,8	14,73	1	-	14,75	1,18	10	11,8	174				
ME	E	38	3,65	2,8	10,22	1	2,74	7,48	1,18	10	11,8	88				
FD	E	-	2,11	1,3	2,74	1	-	2,74	2,0	10	20	55				
B	-	30	5,27	-	19,23	1	-	19,23	1,15	12	13,8	266				
												<u>583</u>	7	-5	1,02	$Q_T = 995$

Besoins calorifiques de ventilation

$$Q'_L = \sum (aL) A HR (t - t_a) = 65$$

$$Q_L = 65$$

$$Q = 660$$

Salle de séjour 1 ; 20°C ; V = 53,86 m³ ; 1^{er}, 2^{eme}, 3^{eme} étage

ME	N	38	5,27	2,8	14,75	1	-	14,75	1,18	10	11,8	174				
ME	E	38	3,65	2,8	10,22	1	2,74	7,48	1,18	10	11,8	88				
FD	E	-	2,11	1,30	2,74	1	-	2,74	2,0	10	20	55				
												<u>317</u>	7	+5	1,12	$Q_T = 355$

Besoins calorifiques de ventilation

$$Q'_L = \sum (aL) A HR (t - t_a) = 65$$

$$Q_L = 65$$

$$Q = 420$$

Salle de séjour 2,3,4,5,6,7,8,9 ; 20°C ; V = 53,86 m³ ; 1^{er}, 2^{eme}, 3^{eme} étage

ME	E	38	3,65	2,8	10,22	1	2,74	7,48	1,18	10	11,8	88				
FD	E	-	2,11	1,30	2,74	1	-	2,74	2,0	10	20	55				
												<u>143</u>	7	0	1,07	$Q_T = 153$

Besoins calorifiques de ventilation

$$Q'_L = \sum (aL) A HR (t - t_a) = 65$$

$$Q_L = 65$$

$$Q = 218$$

T.4-1 (suite 1)

A	O	E	L	H	S	N	D	C	K	ΔT	$\Delta T.K$	Q_o	Z_D	Z_H	Z	$Q_T + Q_L = Q$
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------	--------------	-------	-------	-------	-----	-----------------

Salle de séjour 10 ; 20°C ; V = 53,86 m³ ; 1^{er}, 2^{eme}, 3^{eme} étage

ME	S	38	5,27	2,8	14,76	1	-	14,75	1,18	10	11,8	174				
ME	E	38	3,65	2,8	10,22	1	2,74	7,48	1,18	10	11,8	88				
FD	E	-	2,11	1,30	2,74	1	-	2,74	2,0	10	20	55				
												<u>317</u>	7	-5	1,02	$Q_T = 323$

Besoins calorifiques de ventilation

$$Q^*L = \sum (aL)_A HR (t - t_a) = 65$$

$Q_L = 65$
 $Q = 388$

Salle de séjour 1 ; 20°C ; V = 53,86 m³ ; 4^{eme} étage

ME	N	38	5,27	2,8	14,75	1	-	14,75	1,18	10	11,8	174				
ME	E	38	3,65	2,8	10,22	1	3,165	7,05	1,18	10	11,8	88				
FD	E	-	2,11	1,30	2,74	1	-	2,74	2,0	10	20	55				
T	-	30	5,27	-	19,24	1	-	19,24	1,15	10	11,5	221				
												<u>538</u>	7	+5	1,12	$Q_T = 603$

Besoins calorifiques de ventilation

$$Q^*L = \sum (aL)_A HR (t - t_a) = 65$$

$Q_L = 65$
 $Q = 668$

Salle de séjour 2,3,4,5,6,7,8,9 ; 20°C ; V = 53,86 m³ ; 4^{eme} étage

ME	E	38	3,65	2,8	10,22	1	3,165	7,05	1,18	10	11,8	88				
FD	E	-	2,11	1,30	2,74	1	-	2,74	2,0	10	20	55				
T	-	30	5,27	-	19,24	1	-	19,24	1,15	10	11,5	221				
												<u>365</u>	7	0	1,07	$Q_T = 390$

Besoins calorifiques de ventilation

$$Q^*L = \sum (aL)_A HR (t - t_a) = 65$$

$Q_L = 65$
 $Q = 455$

29

T.4-4 (suite 2)

R	O	E	L	H	S	N	D	C	K	ΔT	$\Delta T \cdot K$	Q_c	Z_D	Z_A	Z	$Q_T + Q_L = Q$
Salle de séjour 10 ; 20°C ; V = 53,86 m³ ; 4 ^{ème} étage																
ME	S	38	5,27	2,8	11,75	1	-	11,75	1,18	10	11,8	174				
ME	E	38	3,65	2,8	10,22	1	2,74	7,48	1,18	10	11,8	88				
FD	E	-	2,41	1,30	2,74	1	-	2,74	2,0	10	20	55				
T	-	30	5,27	-	19,23	1	-	19,23	1,15	10	11,5	221	7	-5	1,02	$Q_T = 549$ $Q_L = 65$ $Q = 614$
Besoins calorifiques de ventilation : $Q_L = \Sigma(\alpha L)_A HR (t-t_a) = 65$																
Chambre à coucher 1 ; 20°C ; V = 45 m³ ; Rez-de-chaussée																
ME	N	38	4,42	2,8	12,37	1	-	12,37	1,18	10	11,8	146				
ME	O	38	3,65	2,8	10,22	1	2,74	7,48	1,18	10	11,8	88				
FD	O	-	2,41	1,3	2,74	1	-	2,74	2,0	10	20	55				
MI	-	12	2,87	2,80	8,03	1	-	8,03	1,93	-4	-7,72	-62				
B	-	30	4,42	-	16,13	1	-	16,13	1,15	12	13,8	223	7	+5	1,12	$Q_T = 504$ $Q_L = 65$ $Q = 569$
Besoins calorifiques de ventilation : $Q_L = \Sigma(\alpha L)_A HR (t-t_a) = 65$																
Chambre à coucher 2,3,4,5,6,7,8,9 ; 20°C ; V = 45 m³ ; Rez-de-chaussée																
ME	O	38	3,65	2,8	10,22	1	2,74	7,48	1,18	10	11,8	88				
FD	O	-	2,41	1,3	2,74	1	-	2,74	2,0	10	20	55				
MI	-	12	2,87	2,80	8,03	1	-	8,03	1,93	-4	-7,72	-62				
B	-	30	4,42	-	16,13	1	-	16,13	1,15	12	13,8	223	7	0	1,07	$Q_T = 325$ $Q_L = 65$ $Q = 390$
Besoins calorifiques de ventilation : $Q_L = \Sigma(\alpha L)_A HR (t-t_a) = 65$																
Chambre à coucher 10 ; 20°C ; V = 45 m³ ; Rez-de-chaussée																
ME	S	38	4,42	2,8	12,37	1	-	12,37	1,18	10	11,8	146				
ME	O	38	3,65	2,8	10,22	1	2,74	7,48	1,18	10	11,8	88				
FD	O	-	2,41	1,3	2,74	1	-	2,74	2,0	10	20	55				
MI	-	12	2,87	2,8	8,03	1	-	8,03	1,93	-4	-7,72	-62				

A	O	E	L	H	S	N	D	C	K	-Δt	At.K	Q _i	Z _D	Z _H	Z	Q _T +Q _L =Q _T
B	-	30	4,42	-	16,13	1	-	16,13	1,15	12	13,8	$\frac{223}{450}$	7	-5	1,02	$\frac{Q_T=459}{Q_L=65}$ $Q=524$
Besoins calorifiques de ventilation: $Q_L = \Sigma(\alpha L)_A HR (t-t_a) = 65$																
Chambre à coucher 1; 20°C; V = 45 m³; 1 ^{er} , 2 ^{ème} et 3 ^{ème} étage																
ME	N	38	4,42	2,8	12,37	1	-	12,37	1,18	10	11,8	146				$\frac{Q_T=254}{Q_L=65}$ $Q=319$
ME	O	38	3,65	2,80	10,22	1	2,74	7,48	1,18	10	11,8	88				
FD	O	-	2,11	1,50	2,74	1	-	2,74	2,0	10	20	55				
MI	-	12	2,87	2,8	8,03	1	-	8,03	1,93	-4	- 7,72	- 62	7	+5	1,12	
Besoins calorifiques de ventilation: $Q_L = \Sigma(\alpha L)_A HR (t-t_a) = 65$																
Chambre à coucher 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9; 20°C; V = 45 m³; 1 ^{er} , 2 ^{ème} , 3 ^{ème} étage																
ME	O	38	3,65	2,8	10,22	1	2,74	7,48	1,18	10	11,8	88				$\frac{Q_T=87}{Q_L=65}$ $Q=152$
FD	O	-	2,11	1,3	2,74	1	-	2,74	2,0	10	20	55				
MI	-	12	2,87	2,8	8,03	1	-	8,03	1,93	-4	- 3,86	- 62	7	0	1,07	
Besoins calorifiques de ventilation: $Q_L = \Sigma(\alpha L)_A HR (t-t_a) = 65$																
Chambre à coucher 10; 20°C; V = 45 m³; 1 ^{er} , 2 ^{ème} , 3 ^{ème} étage																
ME	S	38	4,42	2,8	12,37	1	-	12,37	1,18	10	11,8	146				$\frac{Q_T=232}{Q_L=65}$ $Q=297$
ME	O	38	3,65	2,8	10,22	1	2,74	7,48	1,18	10	11,8	88				
FD	O	-	2,11	1,50	2,74	1	-	2,74	2,0	10	20	55				
MI	-	12	2,87	2,8	8,03	1	-	8,03	1,93	-4	- 7,72	- 62	7	-5	1,02	
Besoins calorifiques de ventilation: $Q_L = \Sigma(\alpha L)_A HR (t-t_a) = 65$																
Chambre à coucher 1; 20°C; V = 45 m³; 4 ^{ème} étage																
ME	N	38	4,42	2,8	12,37	1	-	12,37	1,18	10	11,8	146				$\frac{Q_T=232}{Q_L=65}$ $Q=297$
ME	O	38	3,65	2,8	10,22	1	2,74	7,48	1,18	10	11,8	88				

A	O	E	L	H	S	N	D	C	K	AT	ΔT.K	Q _o	ZD	ZH	Z	Q _T + Q _L = Q _T
FD	0	-	2,41	1,30	2,74	1	-	2,74	2,0	10	20	55				Q _T = 462 Q _L = 65 Q = 527
MI	-	12	2,87	2,8	8,03	1	-	3,03	1,93	-4	-3,86	-62				
T	-	30	4,42	-	16,13	1	-	16,13	1,15	10	11,5	186	7	+5	1,12	
Besoins calorifiques de ventilation : Q _L = Σ(cL)A HR (t-t _a) = 65																
Chambre à coucher 2,3,4,5,6,7,8,9 ; 20°C ; V = 45 m ³ ; 4 ^{ème} étage																
ME	0	38	3,65	2,8	10,22	1	-	7,48	1,18	10	11,8	88				Q _T = 286 Q _L = 65 Q = 351
FD	0	12	2,41	1,30	2,74	1	-	2,74	2,0	10	20	55				
MI	-	30	2,87	2,8	8,03	1	-	3,03	1,93	-4	-3,36	-62				
T	-	30	4,42	-	16,13	1	-	16,13	1,15	10	11,4	186	7	0	1,07	
Besoins calorifiques de ventilation : Q _L = Σ(cL)A HR (t-t _a) = 65																
Chambre à coucher 10 ; 20°C ; V = 45 m ³ ; 4 ^{ème} étage																
ME	S	38	4,42	2,8	12,37	1	-	12,37	1,18	10	11,8	146				Q _T = 421 Q _L = 65 Q = 486
ME	0	38	3,65	2,8	10,22	1	2,74	7,48	1,18	10	11,8	88				
FD	0	12	2,41	1,30	2,74	1	-	2,74	2,0	10	20	55				
MI	-	30	2,87	2,8	8,03	1	-	8,03	1,93	-4	-3,36	-62				
T	-	30	4,42	-	16,13	1	-	16,13	1,15	10	11,5	186	7	-5	1,02	
Besoins calorifiques de ventilation : Q _L = Σ(cL)A HR (t-t _a) = 65																
Chambre à coucher 11,12,13,14,15 ; 20°C ; V = 34 m ³ ; 1 ^{er} étage																
ME	0	38	2,62	2,26	7,33	1	3,17	4,16	1,18	10	11,8	49				Q _T = 364
PD	0	-	0,91	2,26	2,17	1	-	2	4,0	10	40	30				
FD	0	-	0,90	1,30	1,17	1	-	1,17	2,0	10	20	23				
MI	-	38	2,15	2,8	6,02	2	-	12,04	1,07	-4	-4,28	-52				
B	-	30	2,62	2,8	7,33	1	-	7,33	1,38	10	13,8	101	7	0	1,07	
Besoins calorifiques de ventilation : Q _L = Σ(cL)A HR (t-t _a) = 65																
Chambre à coucher 11,12,13,14,15 ; 20°C ; V = 34 m ³ ; 1 ^{er} étage																
ME	0	38	2,62	2,26	7,33	1	3,17	4,16	1,18	10	11,8	49				Q _T = 364
PD	0	-	0,91	2,26	2,17	1	-	2	4,0	10	40	30				
FD	0	-	0,90	1,30	1,17	1	-	1,17	2,0	10	20	23				
MI	-	38	2,15	2,8	6,02	2	-	12,04	1,07	-4	-4,28	-52				
B	-	30	2,62	2,8	7,33	1	-	7,33	1,38	10	13,8	101	7	0	1,07	

H	O	E	L	H	S	N	D	C	K	At	A.K	Q _i	Σ Q _s	Σ Q _r	Q _t + Q _i + Q _r
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----	----------------	------------------	------------------	--

Besoins calorifiques de ventilation: $Q_{iL} = \Sigma(\alpha L)_A HR (T - T_{ca}) = 2 \times 3,75 \times 4,5 \times 0,9 \times 0,41 (20 - 10) = 125$
 $\frac{Q_{iL} = 125}{Q_{iL} = 125}$

Chambre à coucher A1, A2, A3, A4, A5 ; 20°C ; V = 34 m³ ; 2^{ème} et 3^{ème} étage

ME	0	38	2,62	2,8	7,33	1	3,17	4,16	4,48	40	41,8	49			
PD	0	-	0,91	2,26	2	-	-	2	4,0	40	40	80			
FD	0	-	0,90	4,30	4,47	1	-	4,17	2,0	40	20	23			
MI	-	38	2,15	2,8	6,02	2	-	12,04	1,07	-4	-4,28	-52			
MT	-	25	2,62	2,8	7,53	1	-	7,33	4,38	40	13,8	401			
MI	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	13,8	201			

Besoins calorifiques de ventilation: $Q_{iL} = \Sigma(\alpha L)_A HR (T - T_{ca}) = 125$
 $\frac{Q_{iL} = 125}{Q_{iL} = 125}$

$Q_{iL} = 214$
 $Q_{iL} = 425$
 $Q = 339$

Chambre à coucher A1, A2, A3, A4, A5 ; 20°C ; V = 34 m³ ; 4^{ème} étage

ME	0	38	2,62	2,8	7,33	1	3,17	4,16	4,48	40	44,8	49			
PD	0	-	0,91	2,26	2	-	-	2	4,0	40	40	20			
FD	0	-	0,90	4,30	4,47	1	-	4,17	2,0	40	20	23			
MI	-	38	2,15	2,8	6,02	2	-	12,04	1,07	-4	-4,28	-52			
MT	-	25	2,62	2,8	7,33	1	-	7,33	4,38	40	13,8	401			
T	-	30	4,66	-	12,20	1	-	12,20	4,15	40	41,5	140			

Besoins calorifiques de ventilation: $Q_{iL} = \Sigma(\alpha L)_A HR (T - T_{ca}) = 125$
 $\frac{Q_{iL} = 125}{Q_{iL} = 125}$

$Q_{iL} = 364$
 $Q_{iL} = 125$
 $Q = 489$

Cuisine A-40 ; 20°C ; V = 16,68 m³ ; Rez-de-chaussée

ME	E	38	1,85	2,80	5,18	1	1,96	3,22	1,18	40	41,8	38			
PD	E	-	1,51	1,30	4,96	1	-	1,96	2,0	40	20	39			
MI	-	38	3,22	2,30	9	1	-	9	1,07	40	40,7	96			
MI	-	30	3,22	-	5,95	1	-	5,95	4,15	40	43,8	82			

Besoins calorifiques de ventilation: $Q_{iL} = \Sigma(\alpha L)_A HR (T - T_{ca}) = 46$
 $\frac{Q_{iL} = 46}{Q_{iL} = 46}$

$Q_{iL} = 273$
 $Q_{iL} = 46$
 $Q = 319$

R	O	E	L	H	S	N	D	C	K	A	Δ.K	G:	Z ₀	Z _H	Z	Q _h Q _c Q _l
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	----	----------------	----------------	---	--

Cuisine A... 10 ; 20°C ; V = 46,68 m³ ; 1^{er} ; 2^{eme} ; 3^{eme} étage

ME	38	4,85	2,8	5,18	1	1,96	3,22	1,18	10	11,8	38					
FD	-	1,51	1,30	1,96	1	-	1,96	2,0	10	20	39					
MI	33	3,22	2,80	9	1	-	9	1,07	10	10,7	96	7	0	1,07		Q _h = 185 Q _c = 46 Q _l = 251

Besoins calorifiques de ventilation : Q_l = Σ(aL)_n HR (t - t_a) = 46

Cuisine A... 10 ; 20°C ; V = 46,68 m³ ; 4^{eme} étage

ME	38	1,85	2,8	5,18	1	1,96	3,22	1,18	10	11,8	38					
FD	-	1,51	1,30	1,96	1	-	1,96	2,0	10	20	39					
MI	30	3,22	2,8	5,95	1	-	5,95	1,15	10	11,5	69	7	0	1,07		Q _h = 258 Q _c = 46 Q _l = 304

Besoins calorifiques de ventilation : Q_l = Σ(aL)_n HR (t - t_a) = 46

Salle de bain ; 24°C ; V = 42,6 m³ ; Rez-de-chaussée

ME	33	1,85	2,30	5,18	1	0,72	4,45	1,18	14	16,59	74					
FD	-	0,91	0,80	0,72	1	-	0,72	2,0	14	28	20					
MI	12	2,15	2,8	6,02	1	-	6,02	1,07	14	14,38	90					
MI	12	2,8	2,8	7,84	1	-	7,84	1,93	4	7,72	60					
MI	-	1,35	2,8	5,18	1	1,30	5,33	1,93	4	7,72	30					
PI	-	0,65	2,0	1,30	1	-	1,3	2,0	4	8	10					
MI	12	0,65	2,8	1,82	1	-	1,82	1,93	4	7,72	14					
B	30	1,35	-	1,5	1	-	1,5	1,15	16	18,4	83	7	0	1,07		Q _h = 407 Q _c = 43 Q _l = 450

Besoins calorifiques de ventilation : Q_l = Σ(aL)_n HR (t - t_a) = 2,0 x 4,1 x 0,14 x 0,9 x 14 = 43

R	O	E	L	H	S	N	D	C	K	A	Δs.K	Q _o	Z _o	Z _A	Z	Q _L + Q _T = Q
Salle de bain ; 24°C ; V = 12,6 m ³ ; 147, 2 cm ² ; 3 cm ² étage																
ME	0	38	1,85	2,80	5,48	1	0,72	4,45	1,43	14	16,52	74				
FD	0	-	0,91	0,80	0,72	1	-	0,72	2,0	14	28	20				
NI	-	38	2,45	2,80	6,02	1	-	6,02	1,07	14	16,93	90				
MI	-	12	2,80	2,80	7,84	1	-	7,84	1,93	14	7,72	60				
PI	-	12	1,85	2,80	5,48	1	1,30	3,88	2,0	14	7,72	30				
MI	-	12	0,65	2,0	1,30	1	-	1,30	2,0	14	8	10				
			0,65	2,80	1,82	1	-	1,82	1,93	14	7,72	14	7	0	1,07	
Besoins calorifiques de ventilation : Q _L = Σ(a.L) _A HR (T - T _a) = 43																
Salle de bain ; 24°C ; V = 12,6 m ³ ; 4 cm ² étage																
ME	0	32	1,85	2,80	5,48	1	0,72	4,45	1,43	14	16,52	74				
FD	0	-	0,91	0,80	0,72	1	-	0,72	2,0	14	28	20				
NI	-	38	2,45	2,80	6,02	1	-	6,02	1,07	14	16,93	90				
MI	-	12	2,80	2,80	7,84	1	-	7,84	1,93	14	7,72	60				
PI	-	12	1,85	2,80	5,48	1	1,30	3,88	2,0	14	7,72	30				
MI	-	12	0,65	2,0	1,30	1	-	1,30	2,0	14	8	10				
T	-	30	1,85	-	4,5	1	-	4,5	1,45	14	16,1	72	7	0	1,07	
Besoins calorifiques de ventilation : Q _L = Σ(a.L) _A HR (T - T _a) = 43																
$Q_T = 317$ $Q_L = 43$ $Q = 360$																
$Q_T = 395$ $Q_L = 43$ $Q = 438$																

Chapitre 5

Problèmes D'écoulement

Dans les phénomènes d'écoulement intéressant la technique du chauffage et de la ventilation, les vitesses sont généralement tellement basses que les mêmes lois de base peuvent s'appliquer aux gaz, vapeurs et liquides susceptibles de se mettre en gouttelettes.

5.1 - Les lois de l'écoulement dans les conduites:

5.11 L'écoulement d'un fluide idéal: a travers une conduite de section variable s'écoule en régime permanent pendant l'unité de temps une quantité de fluide de volume V .

Si la densité du fluide reste constante, le débit-volume sera le même pour toute section.

Si S_1 , S_2 et S_3 représentent les sections en 1, 2 et 3 et w_1, w_2, w_3 les vitesses correspondantes, la condition de continuité s'écrit:

$$\dot{V} = S_1 w_1 = S_2 w_2 = S_3 w_3 \quad (5.1)$$

où $w_1 / w_2 = S_2 / S_1$, $w_2 / w_3 = S_3 / S_2$

Ce qui signifie que les vitesses varient en sens inverse des sections.

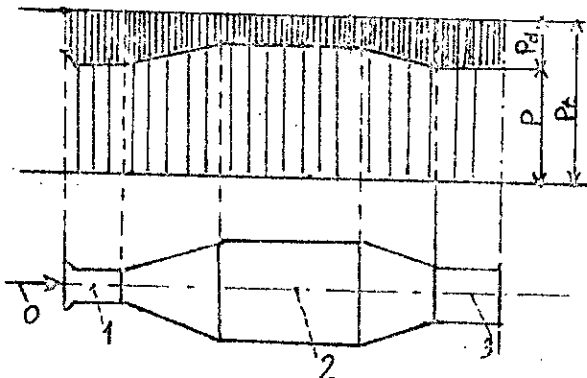


Figure de pression statique, dynamique et totale
d'un écoulement sans pertes.

Alors le théorème de l'énergie donne, la forme suivante à l'équation de Bernoulli.

$$P_t = P_1 + Pd_1 = P_2 + Pd_2 = P_3 + Pd_3 \quad (5.2)$$

P_t est la pression totale constituée de la pression statique P et de la pression dynamique P_d . Nous définissons:

1. La pression statique (P) est la pression interne d'un fluide s'écoulant en ligne droite, donc la pression qu'indiquerait un appareil de mesure de la pression entraîné par le courant fluide à la même vitesse, la pression statique est également la pression exercée sur la paroi d'un canal par un fluide s'écoulant parallèlement à celle-ci.

2. La pression dynamique P_d est l'augmentation maximale de pression constatée dans un écoulement fluide devant le centre d'un obstacle et s'identifie à la pression nécessaire à l'accélération du fluide au repos jusqu'à la vitesse considérée elle se calcule par la formule:

$$P_d = \frac{W^2}{2} \rho$$

Les lettres signifient:

W la vitesse moyenne de l'écoulement

ρ la densité du fluide

3. La pression totale est la somme algébrique des pressions statique et dynamique

$$P_t = P + P_d = P + \frac{W^2}{2} \rho$$

Le théorème de Bernoulli signifie donc que, pour une même hauteur géodésique, la pression totale reste constante. Aux endroits rétrécis de la conduite où les vitesses et aussi la pression dynamique sont élevées, la pression statique doit donc être petite et inversement.

5.12 - Ecoulement d'un fluide Réel

Dans les fluides réels, il se produit une transformation de l'énergie mécanique en chaleur; par suite du frottement interne; la pression totale P_t diminue constamment le long de la conduite.

L'équation (5.2) appliquée a deux sections s'énonce maintenant:

$$P_1 + P_{d1} = P_2 + P_{d2} + \Delta P \quad (5.3)$$

$\Delta P = P_1 - P_2$; ΔP est la perte de pression définitive sur le parcours de la section 1 à la section 2 .

5.2 Les pertes de charge dans les réseaux de tuyauterie..

On distingue les pertes de charge dans les tronçons rectilignes des tubes des pertes de charge dues aux résistances particulières. Les résistances particulières comportent tous les échangements de direction, les dérivations, la robinetterie et les appareils et aussi tous les rétrécissements et élargissements de la conduite.

Dans les deux cas on écrit que la perte de charge définitive est proportionnelle à la pression dynamique

$$\Delta P \sim \frac{w^2}{2} f \quad (5.4)$$

5.21 Pertes de charge dans les conduites rectilignes; lorsqu'un fluide s'écoule à travers un tube rectiligne de section constante, la pression dans le fluide diminue uniformément le long de la conduite.

Si le tube a une longueur de L m et si la pression initiale $= P_1$ et la pression finale P_2 on appelle

$P_1 - P_2$ la perte de charge

$(P_1 - P_2) / L$ la perte de charge au mètre courant.

Dans la technique du chauffage, la perte de charge au mètre courant est généralement désignée par la lettre R . R dépend de la pression dynamique du fluide, et aussi du diamètre intérieur du tube et d'un facteur λ fonction du type d'écoulement et de la qualité du tube. On l'appelle " coefficient de frottement du tube" parfois aussi coefficient de résistance.

La perte de charge du mètre courant est donc:

$$R = \frac{P_1 - P_2}{L} = \lambda \frac{1}{d} \frac{W^2}{2} \rho \quad (5.5)$$

et pour la perte de charge totale:

$$P_1 - P_2 = RL = \lambda \frac{L}{d} \frac{W^2}{2} \rho \quad (5.5a)$$

5.3 Résistances particulières

Selon la formule (5.4) la perte de charge dans les résistances particulières est également proportionnelle à la pression dynamique. Dans les techniques de chauffage on utilise pour cette perte de charge la lettre Z .

$$Z = \zeta \frac{W^2}{2} \rho \quad (5.6)$$

Où W est la vitesse dans une section représentative le coefficient ζ résulte en premier lieu de la forme de la résistance particulière; il est suffisamment indépendant d'autres facteurs tels que poids spécifique viscosité ou vitesse du fluide en écoulement pour que ces facteurs puissent être négligés.

Le coefficient de résistance ζ représente donc un pur coefficient de forme de la résistance.

Chapitre - 6 -

Calcul des réseaux de tuyauteries

1. Bases de calcul.

1.1 Les tronçons partiels et leurs pertes de charge.

suivant l'équation (5.5), la chute de pression, dans une section rectiligne de tuyau, est fonction du diamètre d , de la vitesse W ainsi que du coefficient de résistance λ , fonction lui-même de d et de W . Les vitesses de circulation n'étant pas uniformes dans un réseau de tuyauterie, il est nécessaire de le diviser en tronçons partiels pour le calcul de la chute de pression totale. Un tronçon partiel est une partie du réseau à vitesse de circulation et diamètre constants:

Il peut donc y avoir des résistances localisées et des changements de directions, mais non des dérivations. Lorsque la densité du liquide à véhiculer reste constante, la vitesse de circulation dans le tronçon partiel ne change pas.

Suivant description dans le chapitre 5 la chute de pression dans un tronçon partiel $\overline{12}$ de longueur L est:

$$P_1 - P_2 = RL + Z = \lambda \frac{L}{d} \frac{W^2}{2} \rho + \frac{W^2}{2} \rho \quad (6.1)$$

Dans les calculs pratiques la vitesse du fluide n'est généralement pas connue au départ, mais plutôt la quantité à véhiculer dans l'unité de temps, donc le débit.

Ceci est particulièrement valable dans les installations de chauffage pour lesquelles les pertes par frottement dans les conduites constituent la majeure partie des pertes de charges. Si nous introduisons à la place de la vitesse W le débit de fluide \dot{M} , nous obtenons comme premier membre de l'équation (6.1)

$$RL = \lambda \frac{L}{d^5} \frac{\dot{M}^2}{\rho} \frac{8}{\pi^2} \quad (6.2)$$

Cette équation, comme l'équation (6.1) est valable dans tout système cohérent d'unités. En unités du système M.K.S (longueurs en mètres, masses de fluide en Kg et temps en secondes) la perte de charge RL s'obtient en N/m^2 , unité qui, dans le système de mesures utilisés dans la technique, vaut $0,102 \text{ KgP}/m^2$

Les deux équations (6.1) et (6.2) constituent la base des différents modes de calculs de tuyauteries.

1.2 Deux groupes de problèmes

Dans les problèmes de réseaux de tuyauteries, il faut distinguer deux groupes différents.

Dans le premier groupe de problème, est donné le tracé du réseau dans toutes ses parties, à savoir:

Les longueurs de tous les tronçons, les diamètres des tuyaux le nombre et les caractéristiques des résistances particulières.

En outre, est également donnée, la quantité de liquide à véhiculer par unité de temps ou, ce qui revient au même, la vitesse de circulation. On cherche la chute de pression $P_1 - P_2$. Les problèmes de ce groupe ne présentent aucune difficulté, les équations (6.1) et (6.2) conduisent au résultat recherché.

Le deuxième groupe de problèmes, le plus important, s'énonce de la façon suivante: sont donnés, le tracé du réseau y compris le nombre et les caractéristiques de résistances particulières, le débit ainsi que la chute de pression admissible $P_1 - P_2$ on cherche le diamètre des tuyauteries.

1.3 Calcul provisoire et calcul définitif

On admet qu'il est possible d'évaluer par l'expérience les parts approximatives des résistances de frottement et des résistances particulières par rapport à la pression disponible. Ce rapport est, naturellement, très variable et en relation avec les particularités du réseau, conduites à distance, réseau à colonnes, etc... si l'on désigne par (a) la quote-part des résistances particulières par rapport à la chute de pression totale, on obtient:

.../...

- Pour les résistances particulières

$$Z = a (P_1 - P_2) = \sum \xi \frac{w^2}{2} \rho; \quad (6.3)$$

- pour les parties rectilignes

$$RL = (1 - a) (P_1 - P_2) = \lambda \frac{L}{d^5} \frac{M^2}{f} \frac{8}{\pi^2} \quad (6.4)$$

Dans la plupart des cas, le calcul provisoire est exécuté à partir de la 2ème relation, le calcul définitif s'impose non tant à cause de l'erreur possible à la suite de l'estimation de la valeur de (a), mais plutôt parce qu'il ya lieu de remplacer le diamètre donné par le calcul, par un diamètre normalisé.

1.4 Hypothèses sur la vitesse.

Dans ce cas l'évaluation porte sur la vitesse de circulation

Pour les dimensions moyennes et grosses des conduites celle-ci est de:

- pour la vapeur entre 20 et 70m/s
- Pour l'eau chaude et l'eau surchauffée entre 0,5 et 3 m/s

2. Planches pour le calcul des réseaux de chauffage.

Le calcul de la perte de pression ou des diamètres de réseaux de conduites se simplifie sensiblement lorsqu'on transcrit les rapports des différents termes des équations

(6.3) et (6.4) en tableaux numériques ou en abaques.

Des planches se trouvant dans l'annexe permettent d'appliquer les procédés de calcul les plus importants:

La planche n° 4 nous permet, connaissant les besoins calorifiques de déterminer le gradient de la perte de pression R en (mm CE/m), la vitesse de l'eau W en (m./S) et le diamètre normal du tuyau en (mm)

La planche n° 5 nous permet, connaissant les diamètres des tubes et les paramètres de l'écoulement, de déterminer les modules de résistance ($\sum \xi$) et par suite les résistances particulières Z en (mm CE)

T. 6.1 : Tableau donnant les puissances calorifiques

Numéro du local (pièces)	Valeur de la déperdition (Kcal/h)	Température moyenne du fluide - température ambiante Δt (°K)	Puissance calorifique par éléments (Kcal/h)	Nombre d'éléments retenus	Longueur (m)	Largeur (m)	Puissance calorifique (Kcal/h)	Débits (l/h)
Séjour 1	718	60	81	9	0,54	110	729	37
Séjour 2,3,4, 5,6,7,8,9	503	-	-	7	0,42	-	567	28
Séjour 10	660	-	-	9	0,54	-	729	37
Chambres à coucher 1	569	-	-	7	0,42	-	569	28
Chambres à coucher 2,3, 4,5,6,7,8,9	390	-	-	5	0,30	-	405	21
Chambre à coucher 10	524	-	-	7	0,42	-	567	28
Cuisines 1,2, 3,4,5,6,7,8, 9,10	319	-	-	4	0,24	-	324	16
Salles de bain 1,2, 3,4,5,6,7, 8,9,10	450	56	76	6	0,36	-	456	23
Rez - de - chaussée								
Séjour 1	420	60	81	6	0,36	110	486	25
Séjour 2,3,4, 5,6,7,8,9	218	-	-	3	0,18	-	243	12
Séjour 10	388	-	-	5	0,30	-	405	21
Chambre à coucher 1	319	-	-	4	0,24	-	324	17
Chambres à coucher 2,3,4, 5,6,7,8,9	152	-	-	2	0,12	-	162	08
Chambre à coucher 10	297	-	-	4	0,24	-	324	16

T.6.1 (suite 1)

Numero du Local (pièce)	Valeur de la déperdition (Kcal/h)	Température moyenne des fluides - Température ambiante: ΔT (°K)	Puissance calorifique par éléments (Kcal/h)	Nombre d'éléments retenus	Longueur (m)	Largeur (m)	Puissance calorifique (Kcal/h)	Débits (l/h)
Chambre à coucher 1 ^{er} étage 11, 12, 13, 14, 15	489	60	81	7	0,42	110	567	28
Chambre à coucher 2 ^{ème} et 3 ^{ème} étage 11, 12, 13, 14, 15	339	—	—	5	0,30	—	405	21
Cuisine 1 ^{er} , 2 ^{ème} , 3 ^{ème} , 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	231	—	—	3	0,18	—	243	12
Salle de bain 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	360	56	76	6	0,36	—	456	23

1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} étage

Séjour 1	668	60	81	9	0,54	110	729	37
Séjour 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	455	—	—	6	0,36	—	486	25
Séjour 10	616	—	—	8	0,48	—	648	33
Chambre à coucher 1	527	—	—	7	0,42	—	567	28
Chambre à coucher 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	351	—	—	5	0,30	—	405	20
Chambre à coucher 10	486	—	—	6	0,36	—	486	24
Chambre à coucher 11, 12, 13, 14, 15	489	—	—	7	0,42	—	567	28
Cuisine 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	304	—	—	4	0,24	—	324	16

T. 6.1 (suite 2)

Numero de local (pièce)	Valeur de la dissipation (Kcal/h)	Température moyenne du fluide - Température ambiante: $\Delta T(^{\circ}K)$	Puissance calorifique par éléments (Kcal/h)	Nombre d'éléments retenus	Longueur (m)	Largeur (m)	Puissance calorifique (Kcal/h)	Débits (l/h)	
Salle de bain 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	438	56	76	6	0,36	110	456	23	
4 ^{ème} étage							Puissance et Débit totaux	78275	3913

Tableau T.6-2. « Récapitulation des valeurs de ξ »

Tronçon	Nombre	Désignation	r/d	$W_a(d)/W$	$V_a(d)/V$	$d_a^{(x)}/d$	ξ
a	b	c	d	e	f	g	h
1	1	distributeur (sortie)	-	-	-	-	0,5
	1	vanne	-	-	-	-	0,2
	2	coudes arrondis	3	-	-	-	0,6
	1	Té, bifurcation, passage direct	-	1	-	-	0
							$\Sigma \xi = 1,3$
2	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,86	-	1	0,14
3	1	Té, bifurcation, passage direct	-	1,19	-	0,78	0,20
4	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,7	-	1	0,3
5	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,72	-	0,8	0,5
	1	coude arrondi	3	-	-	-	0,3
	1	robinet d'arrêt	-	-	-	-	0,3
							$\Sigma \xi = 1,1$
6	1	Té, bifurcation, passage direct	-	1,37	-	1	0,28
7	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,77	-	0,66	0,23
8	1	Té, bifurcation, passage direct	-	1,17	-	1	0,2
9	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,55	-	-	0,45
10	1	raccordement, dégazage (coude DN 15)	1	-	-	-	0,5
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5,0
							$\Sigma \xi = 5,5$
11	1	raccordement, dégazage (coude DN 15)	1	-	-	-	0,5
							5,0
							$\Sigma \xi = 5,5$
12	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	coude arrondi	1	-	-	-	0,5
							$\Sigma \xi = 1$
13	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	coude arrondi	1	-	-	-	0,5
							$\Sigma \xi = 1$
14	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,57	1	1,5
15	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,7	0,66	0,6
16	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,77	1	0,5
17	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,75	0,75	0,3
18	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,43	0,8	0,8
	1	coude arrondi	3	-	-	-	0,3
	1	robinet d'arrêt	-	-	-	-	0,3
							$\Sigma \xi = 1,4$
19	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,73	1	0,8
20	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,7	0,78	1,0
21	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,84	1	0,5
22	1	Té, jonction, passage direct	-	-	1	1	0
	2	coudes arrondis	3	-	-	-	0,6
	1	collecteur (entrée)	-	-	-	-	1
	1	vanne	-	-	-	-	0,2
							$\Sigma \xi = 1,8$
23	1	distributeur (sortie)	-	-	-	-	0,5
	1	vanne	-	-	-	-	0,2
	2	coudes arrondis	3	-	-	-	0,6

T. 6-2 (suite 1)

Tronçon	Nombre	Désignation	r/d	Wa(d)	Va(d)	da ^(*)	Σ
				w	V	d	
a	b	c	d	e	f	g	h
23	1	Te', bifurcation, passage direct	-	1	-	-	0
24	1	Te', bifurcation, passage direct	-	0,92	-	0,8	ΣΣ=1,3
25	1	Te', bifurcation, passage direct	-	1,38	-	0,78	0,24
26	1	Te', bifurcation, passage direct	-	0,66	-	1	0,29
27	1	Te', bifurcation, passage direct	-	1,04	-	0,8	0,34
	1	coude arrondi	3	-	-	-	0,1
	1	robinet d'arrêt	-	-	-	-	0,3
							ΣΣ=0,7
28	1	Te', bifurcation, passage direct	-	0,8	-	1	0,2
29	1	Te', bifurcation, passage direct	-	1,4	-	0,75	0,2
30	1	Te', bifurcation, passage direct	-	0,71	-	1	0,29
31	1	Te', bifurcation, passage direct	-	0,95	-	0,66	0,2
32	1	raccordement, déjagage (coude DN15)	1	-	-	-	0,5
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5,0
							ΣΣ=5,5
33	1	raccordement déjagage (coude DN 15)	1	-	-	-	0,5
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5,0
							ΣΣ=5,5
34	1	raccordement déjagage (coude DN15)	1	-	-	-	0,5
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5,0
							ΣΣ=5,5
35	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	coude arrondi	1	-	-	-	0,5
							ΣΣ=1
36	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	coude arrondi	1	-	-	-	0,5
							ΣΣ=1
37	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	coude arrondi	1	-	-	-	0,5
							ΣΣ=1
38	1	Te', jonction, passage direct	-	-	0,59	0,66	0,8
39	1	Te', jonction, passage direct	-	-	0,7	1	1,0
40	1	Te', jonction, passage direct	-	-	0,75	0,75	0,3
41	1	Te', jonction, passage direct	-	-	0,83	1	0,5
42	1	coude arrondi	3	-	-	-	0,3
	1	robinet d'arrêt	-	-	-	-	0,3
	1	Te', jonction, passage direct	-	-	0,64	0,8	0,8
							ΣΣ=1,4
43	1	Te', jonction, passage direct	-	-	0,64	1	1,3
44	1	Te', jonction, passage direct	-	-	0,81	0,78	0,3
45	1	Te', jonction, passage direct	-	-	0,77	0,8	0,3
46	1	Te', jonction, passage direct	-	-	1	1	0
	2	coudes arrondis	3	-	-	-	0,6
	1	collecteur (entrée)	-	-	-	-	1
	1	vanne	-	-	-	-	0,2
							ΣΣ=1,8
47	1	distributeur (sortie)	-	-	-	-	0,5
	1	vanne	-	-	-	-	0,2

T.6-2 (suite 2)

maçon	Nombre	Désignation	r/d	Wa(d) W	Va(d) V	da(*) d	Σ
a	b	c	d	e	f	g	h
47	2	coudes arrondis	3	-	-	-	0,6
	1	Té, bifurcation, passage direct	-	1	-	-	0
							ΣΣ=1,3
48	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,8	-	1	0,2
49	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,75	-	1	0,25
50	1	Té, bifurcation, passage direct	-	1,2	-	0,8	0,2
51	1	Té, bifurcation, passage direct	-	1	-	0,75	0,1
	1	coude arrondi	3	-	-	-	0,3
	1	robinet d'arrêt	-	-	-	-	0,3
							ΣΣ=0,7
52	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,73	-	1	0,27
53	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,77	-	1	0,23
54	1	Té, bifurcation, passage direct	-	1,17	-	0,66	0,2
55	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,6	-	1	0,4
56	1	raccordement, dégazage (coude DN15)	1	-	-	-	0,5
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5,0
							ΣΣ=5,5
57	1	raccordement, dégazage (coude DN15)	1	-	-	-	0,5
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5,0
							ΣΣ=5,5
58	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	coude arrondi	1	-	-	-	0,5
							ΣΣ=1
59	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	coude arrondi	1	-	-	-	0,5
							ΣΣ=1
60	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,6	1	1,5
61	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,71	0,66	0,55
62	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,77	1	0,5
63	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,73	1	0,8
64	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,55	0,75	0,8
	1	coude arrondi	3	-	-	-	0,3
	1	robinet d'arrêt	-	-	-	-	0,3
							ΣΣ=1,4
65	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,7	0,8	0,5
66	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,76	1	0,5
67	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,8	1	0,5
68	1	Té, jonction, passage direct	-	-	1	1	0
	2	coudes arrondis	3	-	-	-	0,6
	1	collecteur	-	-	-	-	1
	1	vanne	-	-	-	-	0,2
							ΣΣ=1,8
69	1	distributeur	-	-	-	-	0,5
	1	vanne	-	-	-	-	0,2
	2	coudes arrondis	3	-	-	-	0,6
	1	Té, bifurcation, passage direct	-	1	-	-	0
							ΣΣ=1,3
70	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,8	-	1	0,20
71	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,76	-	1	0,24

T.6-2 (suite 3)

Tronçon	Nombre	Désignation	r/d	Wa(d)	Va(d)	da ⁽²⁴⁾	Σ
				W	V	d	
a	b	c	d	e	f	g	h
72	1	Té, bifurcation, passage direct	-	1,19	-	0,8	0,2
73	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,54	-	1	0,46
	1	coude arrondi	3	-	-	-	0,3
	1	robinet d'arrêt	-	-	-	-	0,3
							ΣΣ=4,06
74	1	Té, bifurcation, passage direct	-	1,41	-	0,75	0,3
75	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,8	-	1	0,2
76	1	Té, bifurcation, passage direct	-	1,15	-	0,66	0,2
77	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,59	-	1	0,41
78	1	raccordement, dégazage (coude DN 15)	1	-	-	-	0,5
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5,0
							ΣΣ=5,5
79	1	raccordement, dégazage (coude DN 15)	1	-	-	-	0,5
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5,0
							ΣΣ=5,5
80	1	pièce coudée	-	-	-	-	0,5
	1	coude arrondi	1	-	-	-	0,5
							ΣΣ=1
81	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	coude arrondi	1	-	-	-	0,5
							ΣΣ=1
82	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,59	1	1,5
83	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,70	0,66	0,55
84	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,77	1	0,45
85	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,75	0,75	0,4
86	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,57	1	1,5
	1	coude arrondi	3	-	-	-	0,3
	1	robinet d'arrêt	-	-	-	-	0,3
							ΣΣ=2,1
87	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,7	0,8	0,55
88	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,77	1	0,7
89	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,81	1	0,5
90	1	Té, jonction, passage direct	-	-	1	1	0
	2	coudes arrondis	3	-	-	-	0,6
	1	collecteur	-	-	-	-	1
	1	vanne	-	-	-	-	0,2
							ΣΣ=1,8
91	1	Té, bifurcation, branche dérivée	-	0,23	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5,0
							ΣΣ=17
92	1	Té, bifurcation, branche dérivée	-	0,2	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5,0
							ΣΣ=17
93	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	Té, jonction, branche dérivée	-	-	0,23	1	0
							ΣΣ=0,5
94	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	Té, jonction, branche dérivée	-	-	0,2	1	0
							ΣΣ=0,5

T.6-2 (suite 4)

Tronçon	Nombre	Désignation	r/d	Wa(d)	Va(d)	da ^(*)	Σ
				W	v	d	
a	b	c	d	e	f	g	h
95	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,3	-	-	12
	1		-	-	-	5	
							ΣΣ=17
96	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,25	-	-	12
	1		-	-	-	5	
							ΣΣ=17
97	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,16	0,66	-2
							ΣΣ=-15
98	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,14	0,66	-3,5
							ΣΣ=-3
99	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,20	-	-	12
	1		-	-	-	5	
							ΣΣ=17
100	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,20	-	-	12
	1		-	-	-	5	
							ΣΣ=17
101	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,13	0,66	-3
							ΣΣ=-2,5
102	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,11	0,66	-5
							ΣΣ=-4,5
103	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,34	-	-	10
	1		-	-	-	5	
							ΣΣ=15
104	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,42	-	-	5
	1		-	-	-	5	
							ΣΣ=10
105	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,12	0,5	-1,8
							ΣΣ=-1,3
106	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,14	0,5	-1,1
							ΣΣ=-0,6
107	1	Té, bifurcation, branche dérivée robinet d'arrêt	-	0,77	-	-	2,3
	1		-	-	-	-	0,3
							ΣΣ=2,6
108	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,75	-	1	0,25
109	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,77	-	1	0,29
110	1	Té, bifurcation, passage direct	-	1,2	-	0,66	0,2
111	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,58	-	1	0,42
112	1	raccordement, dégazage (coude DN 15) radiateur avec raccordement	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	-	5	
							ΣΣ=5,5
113	1	raccordement, dégazage (coude DN 15) radiateur avec raccordement	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	-	5	
							ΣΣ=5,5

T.6-2 (suite 5)

Tronçon	Nombre	Désignation	r/d	W(d)	V(d)	da ^(*)	Σ
				W	V	d	
a	b	c	d	e	f	g	h
114	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	coude arrondi	1	-	-	-	0,5
							ΣΣ=1
115	1	pièce courbe	1	-	-	-	0,5
	1	coude arrondi	1	-	-	-	0,5
							ΣΣ=1
116	1	Te, jonction, passage direct	-	-	0,61	1	1,5
117	1	Te, jonction, passage direct	-	-	0,72	0,66	0,6
118	1	Te, jonction, passage direct	-	-	0,78	1	0,6
119	1	Te, jonction, passage direct	-	-	0,74	1	0,8
120	1	Te, jonction, branche dérivée	-	-	0,26	0,6	1
	1	robinet d'arrêt	-	-	-	-	0,3
							ΣΣ=1,3
121	1	Te, bifurcation, branche dérivée	-	0,62	-	-	3,2
	1	robinet d'arrêt	-	-	-	-	0,3
							ΣΣ=3,5
122	1	Te, bifurcation, passage direct	-	0,76	-	1	0,24
123	1	Te, bifurcation, passage direct	-	1,41	-	0,75	0,25
124	1	Te, bifurcation, passage direct	-	0,73	-	1	0,27
125	1	Te, bifurcation, passage direct	-	1	-	0,66	0,15
126	1	raccordement, dégazage (coude DN 15)	1	-	-	-	0,5
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							ΣΣ=5,5
127	1	raccordement, dégazage (coude DN 15)	1	-	-	-	0,5
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							ΣΣ=5,5
128	1	raccordement, dégazage (coude DN 15)	1	-	-	-	0,5
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							ΣΣ=5,5
129	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	coude arrondi	1	-	-	-	5
							ΣΣ=5,5
130	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	coude arrondi	1	-	-	-	5
							ΣΣ=5,5
131	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	coude arrondi	1	-	-	-	5
							ΣΣ=5,5
132	1	Te, jonction, passage direct	-	-	0,60	0,66	0,8
133	1	Te, jonction, passage direct	-	-	0,72	1	0,9
134	1	Te, jonction, passage direct	-	-	0,74	0,75	0,8
135	1	Te, jonction, passage direct	-	-	0,84	1	0,3
136	1	Te, jonction, branche dérivée	-	-	0,36	0,8	1,3
	1	robinet d'arrêt	-	-	-	-	0,3
							ΣΣ=1,3
137	1	Te, bifurcation, branche dérivée	-	0,28	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							ΣΣ=17
138	1	Te, bifurcation, branche dérivée	-	0,26	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							ΣΣ=17

Traçage	Nombre	Désignation	r/d	Wa(d) W	Va(d) V	da(*) d	f
a	b	c	d	e	F	g	h
139	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,12	-	-	12
	1		-	-	-	5	
$\Sigma f = 17$							
140	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,17	0,66	-2
$\Sigma f = -1,5$							
141	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,16	0,66	-2
$\Sigma f = -1,5$							
142	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,06	0,66	-3
$\Sigma f = -2,5$							
143	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,2	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
$\Sigma f = 17$							
144	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	-	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
$\Sigma f = 17$							
145	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,1	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
$\Sigma f = 17$							
146	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,12	0,66	-4
$\Sigma f = -3,5$							
147	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,11	0,66	-5
$\Sigma f = -4,5$							
148	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,05	0,66	-2
$\Sigma f = -1,5$							
149	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,4	-	-	7
	1		-	-	-	-	5
$\Sigma f = 17$							
150	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,26	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
$\Sigma f = 17$							
151	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,12	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
$\Sigma f = 17$							
152	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,13	0,5	-0,5
$\Sigma f = 0$							
153	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,09	0,5	-2
$\Sigma f = -1,5$							
154	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,04	0,5	-2
$\Sigma f = -1,5$							
155							

T.6-2 (suite 7)

Designation	Nombre	r/d	Wald	Va(d)	da(*)	Σ	
			W	V	d		
a	b	c	d	e	F	g	h
156	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,25	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							ΣF=17
157	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,22	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							ΣF=17
158	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,09	0,5	-2
							ΣF=-15
159	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,08	0,5	-2
							ΣF=-15
160	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,24	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							ΣF=17
161	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,23	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							ΣF=17
162	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,2	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							ΣF=17
163	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,15	0,66	-3
							ΣF=-2,5
164	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,14	0,66	-3
							ΣF=-2,5
165	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,12	0,66	-2,5
							ΣF=-2
166	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,17	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							ΣF=17
167	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,16	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							ΣF=17
168	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,14	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							ΣF=17
169	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,10	0,66	-4
							ΣF=-3,5
170	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,1	0,66	-4
							ΣF=-3,5
171	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,09	0,66	-2
							ΣF=-1,5
172	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,34	-	-	10
	1		-	-	-	-	5
							ΣF=15

T.6-2 (suite 8)

Tronçon	Nombre	Désignation	r/d	Wa(d)	Va(d)	da(*)	Σ
			d	W	V	d	
a	b	c	d	e	f	g	h
173	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,23	-	-	12
	1		-	-	-	5	
							ΣΣ=17
174	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,20	-	-	12
	1		-	-	-	5	
							ΣΣ=17
175	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,44	0,5	-1,8
							ΣΣ=-13
176	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,08	0,5	-2
							ΣΣ=-15,5
177	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,07	0,5	-2
							ΣΣ=-15,5
178	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,27	-	-	12
	1		-	-	-	5	
							ΣΣ=17
179	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,22	-	-	12
	1		-	-	-	5	
							ΣΣ=17
180	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,1	0,5	-2
							ΣΣ=-15,5
181	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,08	0,5	-2
							ΣΣ=-15,5
182	1	Té, bifurcation, branche dérivée robinet d'arrêt	-	0,67	-	-	3,2
	1		-	-	-	0,3	
							ΣΣ=3,5
183	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,72	-	1	0,8
184	1	Té, bifurcation, passage direct	-	1,3	-	0,66	0
185	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,72	-	1	0,8
186	1	Té, bifurcation, passage direct	-	0,6	-	1	1,5
187	1	raccordement, dégazage (coude DN 15)	1	-	-	-	0,5
188	1	radiateur avec raccordement raccordement, dégazage (coude DN 15)	1	-	-	-	5
	1		1	-	-	-	0,5
							ΣΣ=5,5
189	1	Pièce courbe coude arrondi	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	-	-	0,5
							ΣΣ=1
190	1	pièce courbe coude arrondi	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	-	-	0,5
							ΣΣ=1
191	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,62	1	1,3
192	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,72	1	0,8
193	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,78	0,66	0,4
194	1	Té, jonction, passage direct	-	-	0,23	1	0,8

T.6-2 (suite 9)

Tronçon	Nombre	Désignation	r/d	Wa(d)	Va(d)	da(*)	Σ
				W	V	d	
a	b	c	d	e	f	g	h
195	1	Te, jonction, branche dérivée robinet d'arrêt	-	-	0,23	0,6	1
	1		-	-	-	-	0,3
							ΣΣ=1,3
196	1	Te, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,2	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							ΣΣ=17
197	1	Te, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,2	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							ΣΣ=17
198	1	pièce courbe Te, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,2	1	0
							ΣΣ=0,5
199	1	pièce courbe Te, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,2	1	-
							ΣΣ=0,5
200	1	Te, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,13	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							ΣΣ=17
201	1	Te, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,13	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							ΣΣ=17
202	1	pièce courbe Te, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,14	1	-5
							ΣΣ=-4,5
203	1	pièce courbe Te, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,14	1	-5
							ΣΣ=-4,5
204	1	Te, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,11	-	-	12
	1		-	-	-	-	5,0
							ΣΣ=17
205	1	Te, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,11	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							ΣΣ=17
206	1	pièce courbe Te, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,11	0,66	-2
							ΣΣ=-1,5
207	1	pièce courbe Te, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,11	0,66	-2
							ΣΣ=-1,5
208	1	Te, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,3	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							ΣΣ=17
209	1	Te, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,2	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							ΣΣ=17
210	1	pièce courbe Te, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,18	0,66	2
							ΣΣ=0,5
211	1	pièce courbe Te, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,10	0,66	-2
							ΣΣ=-1,5

T.6-2 (suite 10)

Tronçon	Nombre	Désignation	r/d	Wa(d)	Va(d)	da(*)	Σ
				W	V	d	
a	b	c	d	e	F	g	h
212	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,26	-	-	12
	1		-	-	-	5	
							Σ = 17
213	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,13	-	-	12
	1		-	-	-	5	
							Σ = 17
214	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,27	1	-2
							Σ = 15
215	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,14	1	-5
							Σ = 15
216	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,30	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							Σ = 17
217	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,17	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							Σ = 17
218	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,20	0,66	0,2
							Σ = 0,7
219	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,1	0,66	-2
							Σ = 15
220	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,25	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							Σ = 17
221	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,12	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							Σ = 17
222	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,15	0,66	0
							Σ = 0,5
223	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,08	0,66	-5
							Σ = 15
224	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,51	-	-	5,25
	1		-	-	-	-	5
							Σ = 10,25
225	1	Té, bifurcation, branche dérivée radiateur avec raccordement	-	0,23	-	-	12
	1		-	-	-	-	5
							Σ = 17
226	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,17	0,5	0,5
							Σ = 1
227	1	pièce courbe Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	0,5
	1		-	-	0,08	0,5	-2
							Σ = 15

T.6-2 (suite 11)

Type	Nombre	Désignation	r/d	Wa(d)	Va(d)	da ⁽²⁵⁾	Σ
				W	V	d	
a	b	c	d	e	F	g	h
228	1	T ₁ , bifurcation, branche dérivée	-	0,24	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							Σ = 17
229	1	T ₁ , bifurcation, branche dérivée	-	0,15	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							Σ = 17
230	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	T ₁ , jonction, branche dérivée	-	-	0,25	1	-1
							Σ = -0,5
231	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	T ₁ , jonction, branche dérivée	-	-	0,15	1	-3,5
							Σ = -3
232	1	T ₁ , bifurcation, branche dérivée	-	0,3	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							Σ = 17
233	1	T ₁ , bifurcation, branche dérivée	-	0,17	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							Σ = 17
234	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	T ₁ , jonction, branche dérivée	-	-	0,18	0,66	0
							Σ = 0,5
235	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	T ₁ , jonction, branche dérivée	-	-	0,11	0,66	-5
							Σ = -4,5
236	1	T ₁ , bifurcation, branche dérivée	-	0,22	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							Σ = 17
237	1	T ₁ , bifurcation, branche dérivée	-	0,13	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							Σ = 17
238	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	T ₁ , jonction, branche dérivée	-	-	0,14	0,66	-5
							Σ = -4,5
239	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	T ₁ , jonction, branche dérivée	-	-	0,08	0,66	-6
							Σ = -5,5
240	1	T ₁ , bifurcation, branche dérivée	-	0,3	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							Σ = 17
241	1	T ₁ , bifurcation, branche dérivée	-	0,13	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							Σ = 17
242	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	T ₁ , jonction, branche dérivée	-	-	0,182	0,66	0
							Σ = 0,5
243	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	T ₁ , jonction, branche dérivée	-	-	0,08	0,66	-5
							Σ = -4,5
244	1	T ₁ , bifurcation, branche dérivée	-	-	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							Σ = 17

Tronçon	Nombre	Désignation	r/d	Wa(d)	Va(d)	da(*)	Σ
				W	V	d	
a	b	c	d	e	f	g	h
245	1	Té, bifurcation, branche dérivée	-	0,27	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							ΣΣ=17
246	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	Té, jonction, branche dérivée	-	-	0,12	1	-7
							ΣΣ=-6,5
247	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	Té, jonction, branche dérivée	-	-	0,27	1	-1,8
							ΣΣ=-1,3
248	1	Té, bifurcation, branche dérivée	0	0,14	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							ΣΣ=17
249	1	Té, bifurcation, branche dérivée	-	0,32	-	-	11
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							ΣΣ=16
250	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	Té, jonction, branche dérivée	-	-	0,083	0,66	-5
							ΣΣ=-1,5
251	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	Té, jonction, branche dérivée	-	-	0,2	0,66	0
							ΣΣ=0,5
252	1	Té, bifurcation, branche dérivée	-	0,10	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							ΣΣ=17
253	1	Té, bifurcation, branche dérivée	-	0,25	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							ΣΣ=17
254	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	Té, jonction, branche dérivée	-	-	0,07	0,66	-6
							ΣΣ=-5,5
255	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	-3
							ΣΣ=2,5
256	1	pièce courbe	-	-	0,15	0,66	0,5
	1	Té, jonction, branche dérivée	-	-	-	-	-3
							ΣΣ=2,5
257	1	Té, bifurcation, branche dérivée	-	0,2	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							ΣΣ=17
258	1	Té, bifurcation, branche dérivée	-	0,23	-	-	12
	1	radiateur avec raccordement	-	-	-	-	5
							ΣΣ=17
259	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	Té, jonction, branche dérivée	-	-	0,12	0,66	-4
							ΣΣ=3,5
260	1	pièce courbe	-	-	-	-	0,5
	1	Té, jonction, branche dérivée	-	-	0,14	0,66	-3
							ΣΣ=2,5

Tableau 6-3 : Calcul de la conduite principale

Tronçon N°	Débit de chaleur Kcal/h	Débit d'eau Kg/h	longueur du tronçon L m	Diamètre de la tuyauterie d mm	Vitesse W m/s	Perte de charge par m R mmCE	Résistance de prolongement LR mmCE	Module de résistance ΣR	Résistance particulière Z mmCE	Résistance Totale LR + Z mmCE
a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	L
1 et 22	21357	1068	10,58	32	0,30	3,4	63,2	3,1	13,85	77,05
2 et 21	18009	900	16	32	0,26	2,5	40	0,64	2,17	42,17
3 et 20	12717	636	14	25	0,31	5,16	72,24	1,2	5,38	77,62
4 et 19	9369	468	16	25	0,22	2,99	47,84	1,1	2,04	50,48
5 et 18	4077	204	15,40	20	0,16	2,24	31,49	2,5	3,15	32,64
6 et 17	3054	153	5,6	15	0,22	5,58	31,24	0,58	1,39	32,63
7 et 16	2350	118	5,6	15	0,17	3,46	19,39	0,73	1,02	20,41
8 et 15	1646	82	5,6	10	0,20	6,13	34,14	0,8	1,6	35,94
9 et 14	942	47	5,6	10	0,11	2,27	12,71	1,55	1,17	13,88
10 et 13	486	24	3,54	10	0,06	1,15	4,07	6,5	1,2	4,88
11 et 12	456	23	1,43	10	0,054	1,08	1,60	6,5	0,8	2,4
23 et 46	23384	1169	10,58	40	0,28	2,43	45,14	3,1	12,09	57,23
24 et 45	18092	905	16	32	0,26	2,52	40,26	0,54	1,53	41,89
25 et 44	14704	737	14	25	0,36	7	98	0,59	3,77	101,77
26 et 43	9452	473	16	25	0,24	3,04	48,66	1,04	3,08	51,74
27 et 42	6104	305	15,40	20	0,25	4,40	67,76	2,1	6,2	73,96
28 et 41	5079	254	5,6	20	0,20	3,17	55,75	0,7	1,4	19,15
29 et 40	3808	190	5,6	15	0,28	8,33	46,64	0,5	5,85	52,49
30 et 39	2699	135	5,6	15	0,20	4,5	25,2	1,29	2,58	27,78
31 et 38	1580	80	5,6	10	0,17	5,75	32,20	1,0	1,8	34
32 et 37	567	28	3,56	10	0,06	1,35	8,04	6,5	1,2	9,24
33 et 36	567	28	3,74	10	0,05	1,35	5,05	6,5	1,2	6,25
34 et 35	456	23	1,35	10	0,05	1,08	1,46	6,5	1,2	2,66
47 et 63	16605	830	10,58	25	0,14	8,60	159,79	3,1	27,17	186,97
48 et 62	13406	672	16	25	0,29	5,89	94,24	0,7	3,70	97,94
49 et 61	10207	514	14	25	0,25	3,53	49,45	0,75	2,32	51,77
50 et 60	7428	376	16	20	0,30	6,0	96	0,7	3,15	99,15
51 et 59	3769	198	15,40	15	0,30	9,0	138,6	2,1	9,35	147,95
52 et 58	2916	146	5,6	15	0,22	5,12	29,67	1,07	2,56	31,23
53 et 57	2368	113	5,6	15	0,17	3,3	18,48	0,73	1,02	19,50
54 et 56	1680	84	5,6	10	0,20	6	38,6	0,75	1,5	35,10
55 et 55	972	49	5,6	10	0,12	2,4	13,48	1,9	1,38	14,77
56 et 54	648	32	3,42	10	0,077	1,54	5,26	6,5	1,6	6,86
57 et 53	324	16	1,61	10	0,038	0,77	1,24	6,5	0,5	1,74
69 et 82	16989	846	10,58	25	0,42	8,93	166,1	3,1	28,0	193,92
70 et 81	13780	689	16	25	0,34	6,17	98,72	0,7	3,99	102,71
71 et 80	10641	534	14	25	0,26	3,76	52,76	0,84	3,19	55,95
72 et 79	7452	373	16	20	0,31	6,39	102,24	0,75	3,52	105,76
73 et 78	4293	215	15,40	20	0,17	9,4	36,96	3,16	4,5	41,46

Suite du tableau 6.3

a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	L
74 et 85	3240	162	5,6	15	0,24	6,18	34,65	0,7	2,03	36,68
75 et 84	2511	126	5,6	15	0,19	3,9	21,04	0,65	1,17	23,01
76 et 83	1782	89	5,6	10	0,22	7,15	40,08	0,75	1,8	14,08
77 et 82	1053	53	5,6	10	0,13	2,8	15,68	1,91	1,53	17,21
78 et 80	729	37	3,36	10	0,037	1,73	5,01	8,5	2,4	3,21
79 et 81	324	16	1,61	10	0,038	0,77	1,24	6,5	0,5	1,74
									Total	2200

Tableau 6.4 : Calcul des raccordements aux colonnes montantes.

31 et 93	380	19	1,41	10	0,045	0,90	1,27	17,5	1,75	3,02
92 et 94	324	16	3,66	10	0,039	0,77	2,03	13,5	1,16	3,99
95 et 97	380	19	1,41	10	0,048	0,9	1,27	17,5	2,13	3,4
96 et 98	324	16	3,66	10	0,038	0,77	2,03	15,5	1,03	3,86
99 et 101	380	19	1,41	10	0,045	0,9	1,27	17,5	1,45	2,72
100 et 102	324	16	3,66	10	0,040	0,77	2,03	12,5	0,97	3,8
103 et 105	456	23	1,35	10	0,054	1,08	1,46	13,7	1,67	3,13
104 et 106	567	28	3,43	10	0,067	1,35	4,69	9,4	2,29	6,98
127 et 140	405	20	6,08	10	0,048	0,96	5,86	15,5	1,58	7,44
132 et 141	380	19	1,55	10	0,045	0,90	1,39	15,5	1,55	2,94
139 et 142	162	08	3,78	10	0,049	0,98	1,43	12,5	0,27	1,7
143 et 146	405	20	6,08	10	0,048	0,96	5,86	13,5	1,35	7,21
144 et 147	380	19	1,55	10	0,043	0,80	1,39	12,5	1,25	2,64
145 et 148	162	08	3,78	10	0,049	0,98	1,43	13,5	0,34	1,77
149 et 152	567	28	5,96	10	0,061	1,35	7,68	12	2,93	10,61
150 et 153	380	19	1,55	10	0,045	0,90	1,39	13,5	1,55	2,94
151 et 154	162	08	3,78	10	0,048	0,96	1,43	13,5	0,34	1,77
156 et 158	456	23	1,49	10	0,054	1,08	1,60	13,5	1,89	3,49
157 et 159	405	20	3,6	10	0,048	0,96	3,56	13,5	1,58	5,14
160 et 163	405	20	6,08	10	0,048	0,96	5,83	14,5	1,45	7,28
163 et 165	324	16	3,66	10	0,038	0,77	2,01	15	1	3,81
164 et 166	380	19	1,55	10	0,045	0,90	1,39	14,5	1,45	2,75
166 et 169	405	20	6,08	10	0,048	0,96	5,83	13,5	1,5	7,32
168 et 171	324	16	3,66	10	0,038	0,77	2,01	15,5	1,03	3,84
167 et 170	380	19	1,55	10	0,045	0,90	1,39	13,5	1,35	2,74
172 et 175	567	28	5,96	10	0,067	1,35	0,04	13,7	3,34	11,38
174 et 177	324	16	3,66	10	0,038	0,77	2,81	13,5	1,03	3,84
173 et 176	380	19	1,55	10	0,045	0,9	1,39	13,5	1,35	2,94
180 et 183	567	28	3,43	10	0,067	1,35	4,67	13,5	3,14	8,09
179 et 182	456	23	1,49	10	0,054	1,08	1,60	13,5	2,06	3,66
186 et 188	272	13	2,72	10	0,023	0,56	2,08	13,5	0,77	2,85
187 et 189	243	12	1,67	10	0,029	0,56	0,97	13,5	0,77	1,7
200 et 201	243	12	3,72	10	0,029	0,56	2,08	13,5	0,55	2,63

Suite du tableau 6.4

a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	L
201 et 202	243	12	1,67	10	0,029	0,56	0,93	12,5	0,55	1,48
202 et 203	243	12	3,72	10	0,029	0,66	2,08	15,5	0,68	2,76
203 et 204	243	12	1,67	10	0,029	0,56	0,93	15,5	0,68	1,61
208 et 209	567	20	3,48	10	0,067	1,35	4,69	17,5	3,44	8,13
209 et 210	324	16	1,61	10	0,030	0,77	1,23	15,5	1,20	2,43
212 et 214	486	24	3,54	10	0,058	1,16	4,10	15,5	2,75	6,85
213 et 215	243	12	1,67	10	0,029	0,58	0,96	12,5	0,55	1,45
216 et 218	486	24	3,54	10	0,058	1,16	4,10	17,7	3,14	7,24
217 et 219	243	12	1,67	10	0,029	0,58	0,96	15,5	0,68	1,64
220 et 222	486	24	3,54	10	0,028	1,16	4,10	17,5	3,14	7,24
221 et 223	243	12	1,67	10	0,029	0,58	0,96	18,5	0,55	1,51
224 et 225	729	37	3,36	10	0,087	1,73	5,81	11,25	3,75	9,56
225 et 227	324	16	1,61	10	0,033	0,77	1,24	15,5	1,20	2,44
228 et 230	405	20	3,6	10	0,048	0,96	3,45	16,5	1,65	5,1
229 et 231	243	12	1,67	10	0,030	0,57	0,95	14	0,62	1,57
232 et 234	405	20	3,6	10	0,048	0,96	3,45	17,5	1,96	5,41
233 et 235	243	12	1,67	10	0,030	0,57	0,95	12,5	0,55	1,5
236 et 238	405	20	3,6	10	0,049	0,96	3,45	12,5	1,52	4,97
237 et 239	243	12	1,67	10	0,029	0,57	0,95	11,5	0,51	1,46
240 et 242	729	36	3,36	10	0,089	1,73	3,45	17,5	7	10,45
241 et 243	324	16	1,6	10	0,033	0,77	1,23	12,5	0,83	2,06
244 et 246	162	08	3,78	10	0,019	0,38	1,43	10,5	0,23	1,66
245 et 247	380	19	1,55	10	0,045	0,90	1,39	15,7	1,57	2,96
248 et 250	162	08	3,78	10	0,019	0,38	1,43	12,5	0,27	1,7
249 et 251	380	19	1,55	10	0,045	0,90	1,39	16,5	1,65	3,04
252 et 254	162	08	3,78	10	0,019	0,38	1,43	11,5	0,25	1,68
253 et 256	380	19	1,55	10	0,045	0,90	1,39	14,5	1,45	2,84
257 et 259	405	20	1,49	10	0,018	0,96	1,43	13,5	1,5	2,93
258 et 260	456	23	3,6	10	0,054	1,08	3,88	14,5	2,09	5,97

Tableaux 6-5 : Calcul des colonnes montantes

1. Colonne montante XIII

on dispose d'une différence de pression de $H = (\sum L.R + \sum Z) = 127,9$ mm CE.

On calculera d'abord la chute de pression R avec une quote-part des résistances particulières de 33%, il reste disponible pour les calculs des diamètres du circuit (107 à 120) : $0,67 \times 127,9 = 85,69$ [mm CE]. Pour une longueur totale de 28,89 m on aura :

$$R = 85,69 / 28,89 = 2,97 \text{ [mm CE]}$$

N° Tronçon	Débit de chaleur Kcal/h	Débit d'eau kg/h	longueur du tronçon L m	Diamètre de la tuyauterie d mm	Vitesse W m/s	Parte de charge par m R mmCE/m	Résistance de frottement LR mmCE	Modules de résistance $\sum Z$	Résistance particulière Z mmCE	Résistance Totale LR + Z mmCE
107 et 120	3348	168	1,40	15	0,24	6,5	9,1	3,9	14,11	20,21
103 et 119	2487	124	5,6	15	0,18	3,12	20,34	1,05	1,6	22,44
109 et 113	1945	97	5,6	15	0,14	2,5	14	0,83	0,83	14,83
110 et 117	1403	70	5,6	10	0,12	4,64	26	0,8	1,12	27,12
111 et 116	851	43	5,6	10	0,10	2,05	11,48	1,92	0,96	12,44
112 et 114	456	23	1,49	10	0,054	1,08	1,60	6,5	0,8	2,4
113 et 115	405	20	3,6	10	0,048	0,96	3,45	6,5	0,65	4,1
Total :										103,54 < 127,9

2. Colonne montante XVIII :

$$H = (\sum R.L + \sum Z) = 143,36 \text{ [mm CE]}$$

reste disponible : $0,67 \times 143,36 = 95,98$ [mm CE] pour une longueur totale de 34,99 m. on aura :

$$R = 95,98 / 34,99 = 2,72 \text{ [mm CE]}$$

N° Tronçon	Débit de chaleur Kcal/h	Débit d'eau Kg/h	longueur du tronçon L m	Diamètre de la tuyauterie d mm	Vitesse W m/s	perte de charge par m R mmCE/m	Résistance de frottement LR mmCE	Modules de résistance $\Sigma \Gamma$	Résistance particulières Z mmCE	Résistance Totale LR+Z mmCE
121 et 136	5292	265	1,40	20	0,22	3,39	4,74	5,1	12,24	16,98
122 et 135	4431	222	5,6	20	0,17	2,91	13,43	0,54	0,75	14,24
123 et 134	3322	166	5,6	15	0,24	6,5	36,4	1,05	3,04	39,44
124 et 133	2375	119	5,6	15	0,136	3,58	19,33	1,17	1,63	21,39
125 et 132	1428	72	5,6	10	0,185	4,0	26,80	0,95	1,33	28,21
126 et 129	567	28	6,1	10	0,067	1,35	8,23	6,5	1,2	9,43
127 et 130	456	23	1,19	10	0,054	1,00	1,60	6,5	0,0	2,4
128 et 131	405	20	3,6	10	0,048	0,96	3,45	6,5	0,65	4,1

Total : 136,28 < 143,36

3. Colonne montante IV :

$$H = \left(\sum R \cdot L + \sum Z \right) \frac{88}{31} = 182,94 \text{ [mm CE]}$$

reste disponible : $0,67 \times 182,94 = 122,57 \text{ mm CE}$ pour une longueur totale de 31,63 m. On aura :

$$R = 122,57 / 31,63 = 3,87 \text{ [mm CE]}$$

N° Tronçon	Débit de chaleur Kcal/h	Débit d'eau Kg/h	longueur du tronçon L m	Diamètre de la tuyauterie d mm	Vitesse W m/s	perte de charge par m R mmCE/m	Résistance de frottement LR mmCE	Modules de résistance $\Sigma \Gamma$	Résistance particulières Z mmCE	Résistance Totale LR+Z mmCE
182 et 135	3159	158	4,14	15	0,23	5,93	24,55	4,0	11,52	36,07
183 et 134	2260	114	5,6	15	0,167	3,23	18	1,6	2	20
184 et 133	1782	89	5,6	10	0,22	7	39,2	0,4	0,96	40,16
185 et 132	1296	65	5,6	10	0,16	4	28,4	1,6	2	24,4
186 et 131	810	41	5,6	10	0,096	1,92	10,75	2,8	1,12	11,87
187 et 130	486	24	3,48	10	0,057	1,15	4,06	6,5	0,8	4,8
188 et 129	324	16	1,64	10	0,030	0,77	1,24	6,5	0,55	1,79

Total : 139,09 < 182,94

Chapitre - 7
POSTE CENTRAL DE PRODUCTION
D'EAU CHAUDE SANITAIRE

7-1 Généralités :

Dans les bâtiments où les postes d'eau chaude sont nombreux et dispersés comme par exemple, dans les hôpitaux, les hôtels et souvent même dans les bâtiments d'habitations ; on construit un poste central de production d'eau chaude. Les dispositifs nécessaires sont alors à prévoir dans la chaufferie centrale de chauffage elle-même et à conjuguer avec celle-ci. Comme en général ces dispositifs sont installés par l'entreprise de chauffage, il convient d'examiner ici quelques aspects du problème: branchement, calcul et conduite de l'installation.

La distribution d'eau chaude dans le bâtiment peut être faite aussi bien par dessous que par dessus. C'est en général, la distribution par dessous que l'on choisit, à moins que le réchauffement de la cave doit être impérativement évité.

7-2 Introduction

Cette partie d'étude concerne la production d'eau chaude aux bâtiments comportants 50 logements, chaque logement comportant 1 baignoire, 1 lavabo et 1 éviers.

Le but à atteindre est la détermination des diamètres des tuyauteries de distribution..

La connaissance de ces diamètres nous permet de déterminer les pertes de chaleur dans les canalisations qui seront utilisées dans le calcul de puissance du réchauffeur.

7-3 Calcul des diamètres des tuyauteries de distribution

Le calcul des diamètres s'opère en deux étapes:

Dans la première on détermine les diamètres des tuyauteries depuis le ballon jusqu'aux robinets.

Cette détermination est identique à celle des distributions d'eau froide réalisées par les plombiers.

Dans la seconde on détermine les diamètres des tuyauteries retour pour qu'en aucun cas on puisse tirer de l'eau au robinet dont la température ne soit pas qu'au moins égale à une valeur minimale fixée d'avance.

7-4 Débits instantanés et débits simultanés:

Pour cela il est nécessaire de connaître le débit instantané (q_i) nécessaire à chaque appareil. Ces débits sont donnés en (l/s) d'après N.F.P.41.201 à 204 et le débit simultané (q_s) de chaque trançon en fonction du nombre d'appareils qu'il alimente ce débit est donné par la relation:

$$q_s = Y \cdot q_i \quad (7.1)$$

Y: représente un coefficient de simultanéité exprimé en fonction du nombre d'appareils utilisés.

$$\text{soit : } Y = \frac{1}{\sqrt{X-1}} \quad (7.2)$$

X: représente le nombre d'appareils utilisés

7-5 Perte de charge:

a- Les pertes de charge linéaires

On a vu au chapitre 5 que les pertes de charge linéaires se mettent sous la forme:

$$R = \frac{P_1 - P_2}{L} = \lambda \frac{L}{d} \frac{W^2}{2}$$

Mais en distribution d'eau chaude sanitaire, ces pertes de charge sont calculées d'après la formule de flamant:

$$R = \frac{P_1 - P_2}{L} = 0,00092 \frac{d^{5/4} v^{7/4}}{L} \quad (7.3)$$

où R: perte de pression par mètre de tuyauterie en (mmCE/m)

d: diamètre de la conduite en mm

v: vitesse moyenne du fluide en m/s

Dans la pratique cette formule est mise en abaque par Dariés (Fig. 401)

Pour la conduite des calculs, on utilisera cet abaque:

b: les pertes en charges dans les résistances particulières:

Ces pertes peuvent être exprimées par la même relation utilisée au chapitre 5 à savoir:

$$Z = \zeta \frac{W^2}{2}$$

Où W est la vitesse dans une section représentative par exemple celle d'entrée ou de sortie. Le coefficient ζ résulte en premier lieu de la forme de la résistance particulière.

7-6 Pression motrice ou disponible.

Pour amener l'eau aux différents points de puisage, il importe de vaincre les pertes de charge linéaire et particulières ainsi que la différence de niveau entre le point A et le robinet le plus éloigné - C'est le rôle que doit jouer la pression disponible qu'on met sous la forme :

$$\Delta P_m = P_A - (P_R + P_N) \quad (7-4) \quad (1)$$

P_A : la pression d'arrivée d'eau au point A prise égale à 2 bars soit environ 20 000 mmCE.

P_R : la pression adoptée en pratique pour un robinet de puisage égale à 0,2 bars (2)

P_N : la pression due à la différence de niveau entre le point A et le robinet le plus éloigné.

Il est commode d'utiliser le mm CE (millimètre colonne d'eau) comme unité de pression dans nos calculs, pour la lecture des abaques appropriés.

On rappelle que:

$$1 \text{ Kgf/m}^2 = 1 \text{ mm CE}$$

$$1 \text{ bar} = 1000 \text{ mm CE}$$

(1) Valeurs fixées par le service des eaux

(2) pression minimale de l'eau aux points d'amenée qu'on appelle pression résiduelle.

.../...

7-7- Calculs:

Calculons la pression disponible entre le point A et le robinet le plus éloigné (robinet n° 1 dans notre cas),
Voir planche 2.

Supposons que la pression en A soit de 2 bars soit environ 20 000 mm CE. La pression totale à dépenser entre A et le robinet le plus éloigné (n° 1 de la colonne GH, RS et I II) est de 20 000 - 2000 = 18000 mm CE.

Le circuit du robinet n° 1 comprend les tronçons 0,9,8,7,6,5,4 - 3,2,1 de longueur totale: 57,67 m (longueur réelle).

et entre le point A et le robinet n° 1 nous avons:

- 3 robinets d'arrêt de longueur équivalents $1,5 \times 3 = 4,5\text{m}$
- 1 filtre ayant une longueur équivalents de 10m
- 1 clapet --- --- --- --- --- 15m
- 1 compteur - - - - - 5m
- 1 ballon - - - - - 3 m
- 4 coudes ayant une longueur équivalents de $4 \times 2 = 8\text{m}$
- 8 tés ----- --- --- --- --- $8 \times 3 = 24\text{m}$
- Distributeur --- --- --- --- --- 5m

Soit au total, une longueur équivalente de 74,5m les valeurs de longueurs équivalentes sont tirées du tableau (T-7.1 Annexe)

La longueur totale du circuit devient 132,17 m

La perte de pression par mètre sera:

$$R = \frac{4120}{132,17} = 31,2 \text{ mmCE/m} = 0,0312 \text{ mCE/m}$$

Connaissant R et les différents débits simultanés (Q_g), on détermine les diamètres de tronçons (1) à (0) à l'aide de l'abaque de Dariés (Fig. 401)

Pour calculer les diamètres des autres colonnes, il est commode de dresser un tableau (7.1) résumant tous les calculs.

Il reste à déterminer les pertes de chaleur dans les canalisations.

Tableau 7-1 : Diamètres des différents tronçons allers

Colonnes	Tronçons	Pression disponible mm CE	Différence de niveau mm CE	Pression utilisable mm CE	Tronçons Communs				Nouveaux Tronçons			Rutilisable mm MCE	Débit l/s	Diamètre mm			
					en m			Pression perdue mm CE	en m								
					réelle	équiv	totale		réelle	équiv	totale						
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P		
GH	(1) à (0)	18000	13880	4120						4120	57,67	74,5	132,2	0,031			
	(1)													"	0,2	20	
	(2)													"	0,4	26	
	(3)													"	0,43	33	
	(4)													"	0,47	33	
	(5)													"	0,50	33	
	(6)													"	0,66	33	
	(7)													"	0,81	40	
	(8)													"	0,92	40	
	(9)													"	1,0	40	
	(10)													"	2,6	60	
	(10)	18000	11080	6920						3056	0,5	3	3,5	0,87	0,2	12	
	(12) à (0)					54,37	69,5	123,9	3864								
	(11)	18000	8280	9720						6036	0,5	3	3,5	1,72	0,2	12	
	(13) à (0)					51,57	66,5	118	3683								
(12)	18000	5480	12520						9017	0,5	3	3,5	2,57	0,2	12		
(14) à (0)					48,77	63,5	112,27	3503									
(13)	18000	2680	15320						11998	0,5	3	3,5	3,42	0,2	12		
(15) à (0)					45,97	60,5	106,5	3322									
IJ	(0)				5	41	46	1435									
	(9)				8	4	12	374									
	(8)				12	3	15	468									
	(7)				3	3	6	187									
	(6)				12	3	15	468									
	(14) à (18)	18000	13880	4120					2932	1188	14,38	17	31,38	0,038			
	(14)													"	0,2	20	
	(15)													"	0,4	26	
	(16)													"	0,43	26	
	(17)													"	0,47	33	
	(18)													"	0,5	33	
	(19)	18000	11080	6920						3100	0,5	3	3,5	0,89	0,2	12	
	(15) à (18)					11,08	12	23,08	888								
	(20)	18000	8280	9720					3820	6123	0,5	3	3,5	1,75	0,2	12	
	(16) à (18)					8,28	9	17,28	665								
(21)	18000	5480	12520					3597	9146	0,5	3	3,5	2,61	0,2	12		
(17) à (18)					5,48	6	11,48	442									
								2932									
								3374									

Suite du tableau 7-1. (1)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	(22) (48)	18000	2680	15320	2,68	3	5,68	218 <u>2932</u> 3150	12170	0,5	3	3,5	3,48	0,2	12
LM	(0) (9) (8) (7)				5 8 12 3	41 4 3 3	46 12 15 6								
	(23) à (24) (23) (24) (25) (26) (27)	18000	13880	4120				2464	1656	14,38	17	31,38	0,053		
	(28) (24) à (27)	18000	11080	6920	11,08	12	23,08	1223 <u>2464</u> 3687	3232	0,5	3	3,5	0,93	0,2	12
	(29) (25) à (27)	18000	8280	9720	8,28	9	17,28	916 <u>2464</u> 3380	6340	0,5	3	3,5	1,81	0,2	12
	(30) (26) à (27)	18000	5480	12520	5,48	6	11,48	608 <u>2464</u> 3072	9448	0,5	3	3,5	2,7	0,2	12
	(31) (27)	18000	2680	15320	2,68	3	5,68	301 <u>2464</u> 2765	12554	0,5	3	3,5	3,59	0,2	12
NO	(0) (9) (8)				5 8 12	41 4 3	46 12 15								
	32 à 36 (32) (33) (34) (35) (36)	18000	13880	4120				2277	1843	14,38	17	31,38	0,053		
	(37) 33 à 36	18000	11080	6920	11,08	12	23,08	1361 <u>2277</u> 3638	3282	0,5	3	3,5	0,94	0,2	12
	(38)	18000	8280	9720					6423	0,5	3	3,5	1,8	0,2	12

Suite du tableau 7-1 (2)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
	34 à 36				8,28	9	17,28	1019 2277 3296								
	(39) 35 à 36	18000	5480	12520					9565	0,5	3	3,5	2,73	0,2	12	
	(40) (36)	18000	2680	15320					12725	0,5	3	3,5	3,64	0,2	12	
					2,68	3	5,68	317 2277 2594								
PQ	(10) (9) 41 à 45 (41)	18000	13880	4120					1809	2330	14,38	17	31,38	0,074		
	(42)													"	0,2	20
	(43)													"	0,4	26
	(44)													"	0,93	26
	(45)													"	0,47	26
	(46) 42 à 45	18000	11080	6920					3403	0,5	3	3,5	0,98	"	0,50	26
					11,08	12	23,08	1708 1809 3517						0,98	0,2	12
	(47) 43 à 45	18000	8280	9720					6633	0,5	3	3,5	1,87	0,2	12	
					8,28	9	17,28	1278 1809 3087								
	(48) 44 à 45	18000	5480	12520					9862	0,5	3	3,5	2,82	0,2	12	
					5,48	6	11,48	849 1809 2658								
	(49) (45)	18000	2680	15320					13091	0,5	3	3,5	3,74	0,2	12	
					2,68	3	5,68	420 1809 2229								
RS	1 à 0 (1)	18000	13680	4320					4320	55	74,5	129,5	0,833			
	(2)												"	0,1	20	
	(3)												"	0,2	20	
	(4)												"	0,21	20	
	(5)												"	0,23	20	
	(6)												"	0,25	26	
	(7)												"	0,33	26	
													"	0,40	26	

Suite du tableau 7.1 (3)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	(8)												0,033	0,46	33
	(9)												"	0,5	33
	(10)												"	2,6	60
	(10) 2 à 0	18000	10880	7120					3089	0,5	3	3,5	0,88	0,1	12
	(11) 3 à 0	18000	8080	9920	51,7	69,5	121,2	4036	6077	0,5	3	3,5	1,73	0,1	12
	(12) 4 à 0	18000	5280	12720	48,9	68,5	115,4	3843	9070	0,5	3	3,5	2,59	0,1	12
	(13) 5 à 0	18000	2480	15520	46,1	63,5	109,6	3649	12065	0,5	3	3,5	3,44	0,1	12
					43,3	60,5	103,8	3456							
TU	(10)				5	41	46	1532							
	(9)				8	4	12	399							
	(8)				12	3	15	499							
	(7)				3	3	6	200							
	(6)				12	3	15	500							
	(14) 14 à 18	18000	13680	4320				3130	1190	12,8	17	29,8	0,04		
	(15)												"	0,1	15
	(16)												"	0,2	20
	(17)												"	0,21	20
	(17)												"	0,23	20
	(18) 15 à 18	18000	10880	7120					3078	0,5	3	3,5	"	0,25	20
					10,88	12	22,88	912					0,88	0,1	12
								3130							
								4042							
	(20) 16 à 18	18000	8080	9920					6109	0,5	3	3,5			
					8,08	9	17,08	681					1,74	0,1	12
								3130							
								3811							
	(21) 17 à 18	18000	5280	12720					9139	0,5	3	3,5			
					5,28	6	11,28	450					2,61	0,1	12
								3130							
								3580							
	(22) 18	18000	2480	15520					12771	0,5	3	3,5			
					2,48	3	5,48	218					3,47	0,1	12
								3130							
								3348							
VW	(0)				5	41	46								
	(9)				8	4	12								
	(8)				12	3	15								
	(7)				3	3	6								
	(23) 23 à 27	18000	13680	4320				2630	1690	12,8	17	29,8	0,056		
													"	0,1	15

Suite du tableau 7-1 (4)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	(24)												0,056	0,2	20
	(25)												"	0,21	20
	(26)												"	0,23	20
	(27)												"	0,25	20
	(28)	18000	10880	7120									"	0,25	20
	24 à 27				10,88	12	22,88	1281	3208	0,5	3	3,5	0,94	0,1	12
								<u>2630</u>							
								3911							
	(29)	18000	8080	9920											
	25 à 27				8,08	9	17,08	956	6333	0,5	3	3,5	1,8	0,1	12
								<u>9630</u>							
								3586							
	(30)	18000	5280	12720											
	26 à 27				5,28	6	11,28	632	9458	0,5	3	3,5	2,7	0,1	12
								<u>2630</u>							
								3262							
	(31)	18000	2480	15520											
	(27)				2,48	3	5,48	307	12583	0,5	3	3,5	3,59	0,1	12
								<u>2630</u>							
								2977							
XY	(0)				5	41	46	4532							
	(9)				8	4	12	400							
	(8)				12	3	15	499							
	32 à 36	18000	13680	4320				<u>2431</u>	1889	12,8	17	29,8	0,063		
	(32)												"	0,1	15
	(33)												"	0,2	20
	(34)												"	0,21	20
	(35)												"	0,23	20
	(36)												"	0,25	20
	(37)	18000	10880	7120									"	0,25	20
	33 à 36				10,88	12	22,88	1441	3247	0,5	3	3,5	0,92	0,1	12
								<u>2431</u>							
								3872							
	(38)	18000	8080	9920											
	34 à 36				8,08	9	17,08	1076	6413	0,5	3	3,5	1,83	0,1	12
								<u>2431</u>							
								3507							
	(39)	18000	5280	12720											
	35 à 36				5,28	6	11,28	710	9578	0,5	3	3,5	2,73	0,1	12
								<u>2431</u>							
								3144							
	(40)	18000	2480	15520											
	(36)				2,48	3	5,48	345	12743	0,5	3	3,5	3,64	0,1	12
								<u>2431</u>							
								2776							

Suite du tableau 7.1 (5)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
ZZ'	(0)				5	41	46	1532								
	(9)				8	4	12	399								
	41 à 45	18000	13680	4320				1931	2389	12,8	17	29,8	0,08			
	(41)												"	0,1	15	
	(42)												"	0,2	20	
	(43)												"	0,21	20	
	(44)												"	0,23	20	
	(45)												"	0,25	20	
	(46)	18000	10880	7120						3358	0,5	3	3,5	0,96	0,1	12
	42 à 45				10,88	12	22,88	1830								
								1931								
								3761								
	(47)	18000	8080	9920						6622	0,5	3	3,5	1,89	0,1	12
	43 à 45				8,08	9	17,08	1366								
								1931								
							3297									
(48)	18000	5280	12720						9887	0,5	3	3,5	2,82	0,1	12	
44 à 45				5,28	6	11,28	902									
							1931									
							2833									
(49)	18000	2480	15520						13150	0,5	3	3,5	3,75	0,1	12	
(45)				2,46	3	548	438									
							1931									
							2369									
II	1 à 0	18000	13480	4520					4920	57	74,5	131,5	0,031			
	(1)												"	0,35	26	
	(2)												"	0,70	33	
	(3)												"	0,75	33	
	(4)												"	0,82	40	
	(5)												"	0,87	40	
	(6)												"	1,15	40	
	(7)												"	1,42	50	
	(8)												"	1,61	50	
	(9)												"	1,75	50	
	(0)												"	2,60	60	
	(10)	18000	10680	7320						3464	0,5	3	3,5	0,99	0,35	12
	2 à 0				53,7	69,5	123,2	3856								
	(11)	18000	7880	10120						6445	0,5	3	3,5	1,84	0,35	12
	3 à 0				50,9	66,5	117,4	3675								
(12)	18000	5080	12920						9427	0,5	3	3,5	2,69	0,35	12	
4 à 0				48,1	63,5	111,6	3493									
(13)	18000	2280	15720						12408	0,5	3	3,5	3,54	0,35	12	
5 à 0				45,3	60,5	105,8	3311									

Suite du tableau 7-1 (6)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P					
III IV	(0)				5	41	46	1440												
	(9)				8	4	12	375												
	(8)				12	3	15	460												
	(7)				3	3	6	188												
	(6)				12	3	15	469												
	14 à 18	18000	13480	4520				<u>2942</u>	7578	12,6	17	29,6	0,053							
	(14)													"	0,35	26				
	(15)														"	0,70	33			
	(16)															"	0,75	33		
	(17)																"	0,82	33	
	(18)																	"	0,87	33
	(19)	18000	10680	7320						3169	0,5	3	3,5	0,91	0,35	12				
	15 à 18				10,68	12	22,68	1209												
								<u>2942</u>												
							4750													
(20)	18000	7880	10720						6278	0,5	3	3,5	1,79	0,35	12					
16 à 18				7,88	9	16,88	899													
							<u>2942</u>													
							3841													
(21)	18000	5080	12920						9387	0,5	3	3,5	2,68	0,35	12					
17 à 18				5,08	6	11,08	590													
							<u>2942</u>													
							3532													
(22)	18000	2280	15220						12496	0,5	3	3,5	3,57	0,35	12					
(18)				2,28	3	5,28	281													
							<u>2942</u>													
							3223													
V VI	(0)				5	41	46	1439												
	(9)				8	4	12	376												
	(8)				12	3	15	469												
	(7)				3	3	6	188												
	23 à 27	18000	13480	4520				<u>2472</u>	2048	12,6	17	29,6	0,069							
	(23)													"	0,35	20				
	(24)													"	0,70	26				
	(25)													"	0,75	33				
	(26)													"	0,82	33				
	(27)													"	0,87	33				
	(28)	18000	10680	7320						3283	0,5	3	3,5	0,94	0,35	12				
	24 à 27				10,68	12	22,68	1565												
								<u>2472</u>												
								4837												
(29)	18000	7880	10120						6483	0,5	3	3,5	1,85	0,35	12					
25 à 27				7,88	9	16,88	1164													
							<u>2472</u>													
							3636													
(30)	18000	5080	12920						9683	0,5	3	3,5	3,76	0,35	12					

Suite du tableau 7-1 (7).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
	20 à 29				5,08	6	11,08	764 2472 <u>3236</u>								
	(31) (27)	18000	2280	15720	2,28	3	5,28	264 2472 <u>2836</u>	12883	0,5	3	3,5	3,68	0,35	12	
<u>VII</u> <u>VIII</u>	(10) (9) (8) 32 à 36 (32) (33) (34) (35) (36) (37) 33 à 36	18000	13480	4520				1440 275 469 <u>2284</u>	2236	12,6	17	29,6	0,075	"	0,35	20
	(38) 34 à 36	18000	7880	10120	7,88	9	16,88	1274 2284 <u>3558</u>	6561	0,5	3	3,5	1,87	0,35	12	
	(40) (36)	18000	2280	15720	2,28	3	5,28	398 2284 <u>2682</u>	13037	0,5	3	3,5	3,72	0,35	12	
<u>IX</u> <u>X</u>	(10) (9) 41 à 45 (41) (42) (43) (44) (45) (46) 42 à 45	18000	13480	4520				1440 275 <u>1715</u>	2804	12,6	17	29,6	0,075	"	0,35	20
	(47) 43 à 45	18000	7880	10120	7,88	9	16,88	1586 1715 <u>3301</u>	6819	0,5	3	3,5	1,94	0,35	12	

Suite du tableau 7-1. (fin)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	(08) 00 à 05	18000	5080	12920	5,08	6	11,08	1041 1715 <u>2756</u>	10163	0,5	3	3,5	2,9	0,35	12
	(49) (45)	18000	2280	15720	2,28	3	5,28	496 1715 <u>2211</u>	13509	0,5	3	3,5	3,85	0,35	12

7-8. Calcul des pertes de chaleur dans les tuyauteries :

Ces pertes dev ant être fournies par le réchauffeur d'eau
ellés servent au calcul de la puissance du réchauffeur.

Le tableau (7-2) donne les pertes de chaque tronçon,
sachant que les pertes de chaleur d'un tube ~~ne~~ sont
égales ou double du diamètre extérieur de la conduite;
et que pour un tube calorifugé, elles sont égales aux
 $2/3$ du diamètre extérieur exprimé en mm.

Supposons que seule la distribution horizontale
(se trouvant dans le vide sanitaire) soit calorifugée.

Tableau 7-2 : Pertes de chaleur dans la tuyauterie aller.

Ø	15/21	20/27	26/34	33/42	40/49	Total _{Kcal/h}
Col. G		$2,8 \times 54 = 151$	$2,8 \times 68 = 190$	$3(2,8 \times 84) = 705$		1036
Col. i		$2,8 \times 54 = 151$	$2(2,8 \times 68) = 380$	$2,8 \times 84 = 235$ $2,68 \times 84 = 225$		981
Col. L		$2,8 \times 54 = 151$	$3(2,8 \times 68) = 570$	$2,68 \times 84 = 225$		946
Col. N		$2,8 \times 54 = 151$	$3(2,8 \times 68) = 570$ $2,68 \times 68 = 182$			903
Col. P		$2,8 \times 54 = 151$	$3(2,8 \times 68) = 570$ $2,68 \times 68 = 182$			903
Col. R		$4(2,8 \times 54) = 604$	$1,1 \times 68 = 75$			679
Col. T	$2,8 \times 42 = 117$	$3(2,8 \times 54) = 453$	$1,1 \times 68 = 75$			645
Col. V	$2,8 \times 42 = 117$	$3(2,8 \times 54) = 453$ $1,1 \times 54 = 59$				629
Col. X	$2,8 \times 42 = 117$	$3(2,8 \times 54) = 453$ $1,1 \times 54 = 59$				629
Col. Z	$2,8 \times 42 = 117$	$3(2,8 \times 54) = 453$ $1,1 \times 54 = 59$				629
Col. I			$2,8 \times 68 = 190$	$2(2,8 \times 84) = 470$	$2,8 \times 98 = 274$ $0,9 \times 98 = 88$	1022
Col. III			$2,8 \times 68 = 190$	$3(2,8 \times 84) = 705$ $0,9 \times 84 = 75$		970
Col. V		$2,8 \times 54 = 151$	$2,8 \times 68 = 190$	$2(2,8 \times 84) = 470$ $0,9 \times 84 = 75$		886
Col. VII		$2,8 \times 54 = 151$	$2(2,8 \times 68) = 380$	$2,8 \times 84 = 235$ $0,9 \times 84 = 75$		841
Col. IX		$2,8 \times 54 = 151$	$2(2,8 \times 68) = 380$	$2,8 \times 84 = 235$ $0,9 \times 84 = 75$		841
GI				$1/3 \times 3 \times 84 = 84$		84

Suite du tableau 7-2.

Ø	50/60	20/27	26/34	33/42	40/49	Total Kcal/h
IL				$\frac{1}{3} \times 12 \times 84 = 336$		336
LN					$\frac{1}{3} \times 3 \times 98 = 98$	98
NP					$\frac{1}{3} \times 12 \times 98 = 392$	392
PA'					$\frac{1}{3} \times 8 \times 98 = 261$	261
RT			$\frac{1}{3} \times 3 \times 68 = 68$			68
TV			$\frac{1}{3} \times 12 \times 68 = 272$			272
VX			$\frac{1}{3} \times 3 \times 68 = 68$			68
XZ				$\frac{1}{3} \times 12 \times 84 = 336$		336
ZA'				$\frac{1}{3} \times 8 \times 84 = 224$		224
I III					$\frac{1}{3} \times 3 \times 98 = 98$	98
III V					$\frac{1}{3} \times 12 \times 98 = 392$	392
V VII	$\frac{1}{3} \times 3 \times 120 = 120$					120
VII IX	$\frac{1}{3} \times 12 \times 120 = 480$					480
IX A'	$\frac{1}{3} \times 8 \times 120 = 320$					320
						16088 Kcal/h

00

7-9 - Détermination des diamètres "retours"

On s'impose la chute de température entre A et le robinet le plus éloigné, ici robinet n° 1 colonne (G,R,I) prenons 5°C.

Il nous faut donc déterminer les débits dans chaque tronçon pour que cette chute soit de 5°C.

La perte totale: 160 88 Kcal/h d'après tableau 7-2 qui est égale:

$\left\{ \begin{array}{l} 5940 \text{ Kcal/h pour colonnes eviers} \\ 4179 \text{ Kcal/h " " lavabos} \\ 5969 \text{ Kcal/h " " baignoires} \end{array} \right.$

Avec une chute de 5°C le débit total sera donc de:

$$\frac{5940}{5} = 1188 \text{ l/h} \quad \frac{4179}{5} = 836 \text{ l/h} \quad \frac{5969}{5} = 1193 \text{ l/h}$$

On peut déterminer la chute de température entre A et (P, Z et IX) soit en se servant de l'abaque de chutes de température soit par le calcul qui est le suivant;

Le tronçon (A P, A Z, et A IX) perd (261, 224 et 298) Kcal/h

La chute est donc:

$$\frac{261}{1188} = 0,22^\circ\text{C} \quad ; \quad \frac{224}{836} = 0,26^\circ\text{C} \quad ; \quad \frac{298}{1181} = 0,25^\circ\text{C}$$

De (P, Z et IX) à (Q, Z et X) la chute de température sera donc:

$$\begin{aligned} 5 - 0,22^\circ\text{C} &= 4,78^\circ\text{C} \\ 5 - 0,26 &= 4,74^\circ\text{C} \\ 5 - 0,25 &= 4,75^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Ce qui correspond à un débit de :

$$\begin{aligned} \text{colonne PQ: } &\frac{903}{4,78} = 188 \text{ l/h} \\ \text{Colonne ZZ : } &\frac{629}{4,74} = 132 \text{ l/h} \\ \text{Colonne IX X: } &\frac{841}{4,75} = 177 \text{ l/h} \end{aligned}$$

Pour déterminer le débit dans le tronçon (PN, ZX et IX VII) on peut procéder de 2 façons:

D'abord par différence:

$$1188 - 188 = 1000 \text{ l/h}$$

$$836 - 132 = 704 \text{ l/h}$$

$$1193 - 177 = 1016 \text{ l/h}$$

Ou en procédant comme pour le tronçon (A' P, A' Z et A' IX)

De (P, Z et IX) en (H, S et II) la chute de température doit être de (4,78 ; 4,74 et 4,75).

Or à partir de (P, Z et IX)

Les pertes sont: (4776 ; 3326 et 4809)

Dans (PN, Z et IX VII) le débit sera donc:

$$\frac{4776}{4,78} = 999 \text{ l/h} \quad ; \quad \frac{3326}{4,74} = 701 \text{ l/h}$$

$$\frac{4809}{4,75} = 1012 \text{ l/h}$$

et ainsi de suite, nous connaissons en fin tous les débits ainsi que les diamètres " allers". d'après tableau (7.1)

Il nous faut déterminer les diamètres " retours".

Le tableau (7-3) donne les diamètres " retours".

et le $DP_{R.L.} + Z$ pour déterminer la hauteur manométrique, puis la pompe.

Tableau 7.3 : Diamètres des différents tronçons retrus.

Tronçon	Débit [l/h]	φ	R [mm ce/m]	L [m]	R.L [mm ce]	W [m/s]	Z	Z [mm ce]	DP = R.L + Z [mm ce]
Col. :									
GH									
(9)	1188	40	2,15	8	17,2	0,26	3,6	12	
(8)	999	40	1,60	12	19,2	0,24	0,08	0,23	
(7)	793	40	1,00	3	3	0,17	0,30	0,42	
(6)	571	33	1,40	12	16,6	0,18	0,10	0,16	
(5)	304	33	0,44	5,68	2,5	0,09	1,30	0,52	
(4)	304	33	0,44	2,80	1,23	0,09	0,00	-	
(3)	304	33	0,44	2,80	1,23	0,09	0,00	-	
(2)	304	26	1,40	2,80	3,92	0,15	0,35	0,38	
(1)	304	20	5,10	2,80	14,28	0,26	0,35	1,19	
(50)	304	26	1,40	16,88	23,63	0,15	1,33	1,46	
(51)	571	26	4,70	12	56,4	0,27	1,00	3,70	
(52)	793	26	8,50	3	26	0,40	1,00	4,2	
(53)	999	26	13,00	12	156	0,51	0,50	6,2	
(54)	1188	26	17,00	8	163	0,60	4,50	75	
					477			106	583
Col. :									
IJ									
(18)	266	33	0,35	2,68	0,93	0,076	7,30	1,8	
(17)	266	33	0,35	2,8	0,98	0,076	0,00	-	
(16)	266	26	1,00	2,8	2,80	0,40	1,23	9,7	
(15)	266	26	1,00	2,8	2,80	0,40	0,00	-	
(14)	266	20	3,90	2,8	10,92	0,23	1,00	2,7	
(55)	266	26	1,10	13,88	15	0,13	2,40	2,0	
(9,8,7,6)					430			101	
(54,53,52,51)					462			118	580 < 583
Col. :									
LM									
(27)	222	33	0,22	2,68	0,59	0,062	10,3	1,83	
(26)	222	26	0,70	2,8	1,96	0,12	0,44	0,30	
(25)	222	26	0,70	2,8	1,96	0,12	0,0	-	
(24)	222	26	0,70	2,8	1,96	0,12	0,0	-	
(23)	222	20	2,70	2,8	7,56	0,17	0,33	0,46	
(56)	222	20	2,70	13,88	37,50	0,17	1,6	2,24	
(9,8,7)					357			98	
(54,53,52)					408			102	510 < 583
Col. :									
NO									
(36)	205	26	0,65	2,68	1,74	0,1	7,3	3,65	
(35)	205	26	0,65	2,8	1,82	0,1	0	-	
(34)	205	26	0,65	2,8	1,82	0,1	0	-	
(33)	205	26	0,65	2,8	1,82	0,1	0	-	
(32)	205	20	2,50	2,8	7,0	0,17	0,39	0,55	
(57)	205	15	8,80	13,88	122	0,29	0,98	3,78	
(9,8)					328			98	
(54,53)					464			105	569 < 583

Suite du tableau 7.3 (1)

Tronçons	Debit [l/s]	Φ	R [mmce/m]	L [m]	R.L [mmce]	W [m/s]	Z [m]	Z [mmce]	DP = R.L + Z [mmce]
Col. : PQ									
(45)	188	26	0,6	2,68	1,6	0,096	14,3	4,52	
(44)	188	26	0,6	2,8	1,68	0,096	0	-	
(43)	188	26	0,6	2,8	1,68	0,096	0	-	
(42)	188	26	0,6	2,8	1,68	0,096	0	-	
(41)	188	20	2,3	2,8	6,44	0,16	0,35	0,45	
(58)	188	15	8,2	13,88	113,8	0,28	1,18	4,6	
(9,54)					153			92	
					280			101	381 < 583
Col. : RS									
(9)	836	33	2,7	8	21,6	0,27	3,6	13,2	
(8)	701	33	2	12	24	0,23	0,15	0,4	
(7)	554	26	4,3	3	12,9	0,29	0,28	1,17	
(6)	402	26	2,4	12	28,8	0,21	0,28	0,56	
(5)	216	26	0,7	4,1	2,87	0,10	1,07	0,54	
(4)	216	20	2,5	2,8	7	0,18	0,35	0,56	
(3)	216	20	2,5	2,8	7	0,18	-	-	
(2)	216	20	2,5	2,8	7	0,18	-	-	
(1)	216	20	2,5	2,8	7	0,18	-	-	
(50)	216	20	2,5	15,3	38,25	0,18	1,7	2,72	
(51)	402	20	9	12	108	0,35	0,5	1,7	
(52)	554	20	16	3	48	0,48	0,5	5,7	
(53)	701	20	25	12	300	0,60	0,5	8,9	
(54)	836	20	35	8	200	0,75	4,5	125,5	
					824			161	973
Col. : TU									
(18)	186	20	2,2	1,1	2,42	0,16	3,3	4,18	
(17)	186	20	2,2	2,8	6,16	0,16	-	-	
(16)	186	20	2,2	2,8	6,16	0,16	-	-	
(15)	186	20	2,2	2,8	6,16	0,16	-	-	
(14)	186	15	7	2,8	19,6	0,27	0,35	1,26	
(55)	186	20	2,2	12,3	27	0,16	3	3,8	
(9,8,7,6)									
(54,53,- 52,51)					743			153	
					810			162	972 < 973
Col. : VN									
(27)	152	20	1,5	1,1	1,65	0,13	5,55	4,5	
(26)	152	20	1,5	2,8	4,2	0,13	-	-	
(25)	152	20	1,5	2,8	4,2	0,13	-	-	
(24)	152	20	1,5	2,8	4,2	0,13	-	-	
(23)	152	15	5	2,8	14	0,23	0,35	0,84	

Suite du tableau 7.3 (2)

Trançons	Débit [l/h]	ϕ	R mm CE/m	L [m]	R.L [mm CE]	W [m/s]	\sum	Z [mm CE]	$\Delta P = R \cdot L + Z$ [mm CE]	
(56) (19, 8, 7) (54, 53, 52)	152	15	5	12,3	61,5	0,23	0,9	2,16	853,5 < 973	
Cal. : XY					606 691			155 162,5		
(36)	147	20	1,4	1,1	1,54	0,135	3,8	3,23		
(35)	147	20	1,4	2,8	3,92	0,135	-	-		
(34)	147	20	1,4	2,8	3,92	0,135	-	-		
(33)	147	20	1,4	2,8	3,92	0,135	-	-		
(32)	147	15	4,7	2,8	13,16	0,21	0,35	0,77		
(57)	147	12	17	12,3	209	0,35	1,5	9		
(9, 8) (54, 53)					545 780			148 161		941 < 973
Cal. : ZZ'										
(45)	132	20	1,15	1,1	1,26	0,125	6,3	4,5		
(44)	132	20	1,15	2,8	3,22	0,125	-	-		
(43)	132	20	1,15	2,8	3,22	0,125	-	-		
(42)	132	20	1,15	2,8	3,22	0,125	-	-		
(41)	132	15	4	2,8	11,2	0,19	0,35	0,63		
(58)	132	12	14	12,3	172	0,32	1,45	7,4		
(9, 54)					221,6 415			138 157	566 < 973	
Cal. : I II										
(9)	1193	50	0,65	8	5,2	0,16	3,6	4,56		
(8)	1012	50	0,50	12	6,0	0,14	0,13	0,13		
(7)	819	50	0,33	3	0,99	0,11	0,21	0,12		
(6)	595	40	0,60	12	7,2	0,13	0,1	0,08		
(5)	319	40	0,17	3,9	0,66	0,065	1,1	0,22		
(4)	319	40	0,17	2,8	0,47	0,065	-	-		
(3)	319	33	0,45	2,8	1,26	0,095	0,35	0,16		
(2)	319	33	0,45	2,8	1,26	0,095	-	-		
(1)	319	26	1,40	2,8	3,92	0,15	0,35	0,38		
(50)	319	33	0,45	12,1	5,45	0,095	2,4	1,08		
(51)	595	33	1,60	12	19,2	0,19	0,5	0,9		
(52)	819	33	2,50	3	7,5	0,25	0,5	1,6		
(53)	1012	33	4,00	12	48	0,32	0,5	2,55		
(54)	1195	33	5,00	8	40	0,35	4,5	25,8		
					147			38	185	

Suite du tableau 7-3 (fin)

Trançons	Débit [l/s]	Ø	R mm CE/m	L [m]	R.L [mm CE]	W [m/A]	Z [m]	Z [mm CE]	ΔP = R.L + Z [mm CE]
Col. : III II									
(18)	276	33	0,35	0,9	0,31	0,083	3,8	0,3	
(17)	276	33	0,35	2,8	0,98	0,083	-	-	
(16)	276	33	0,35	2,8	0,98	0,083	-	-	
(15)	276	33	0,35	2,8	0,98	0,083	-	-	
(14)	276	26	1,0	2,8	2,8	0,12	0,35	0,25	
(55)	276	33	0,35	12,1	3,87	0,083	2,9	1,0	
(9,8,7,6) (54,53,52,51)					<u>134</u> 144			<u>36</u> 37	181 < 185
Col. : V VI									
(27)	212	33	0,21	0,9	0,19	0,062	5,55	0,99	
(26)	212	33	0,21	2,8	0,59	0,062	-	-	
(25)	212	33	0,21	2,8	0,59	0,062	-	-	
(24)	212	26	0,65	2,8	1,82	0,1	0,35	0,17	
(23)	212	20	2,5	2,8	7	0,18	0,42	0,67	
(56)	212	20	2,5	12,1	30,25	0,18	0,6	0,96	
(9,8,7) (54,53,52)					<u>107</u> 147			<u>34</u> 37	184 < 185
Col. : VII VIII									
(36)	195	33	0,2	0,9	0,18	0,06	6,3	1,15	
(35)	195	33	0,2	2,8	0,56	0,06	-	-	
(34)	195	26	0,65	2,8	1,82	0,1	0,35	0,17	
(33)	195	26	0,65	2,8	1,82	0,1	-	-	
(32)	195	20	2,3	2,8	6,44	0,17	0,35	0,49	
(57)	195	20	2,4	12,1	29	0,17	0,9	1,26	
(0,8) (54,53)					<u>99</u> 138			<u>33</u> 36	174 < 185
Col. : IX X									
(45)	177	33	0,15	0,9	0,135	0,055	9,8	1,2	
(44)	177	33	0,15	2,8	0,42	0,055	-	-	
(43)	177	26	0,45	2,8	1,26	0,08	0,35	0,1	
(42)	177	26	0,45	2,8	1,26	0,08	-	-	
(41)	177	20	1,8	2,8	5,08	0,15	0,40	0,44	
(58)	177	20	1,8	12,1	21,78	0,15	0,60	0,66	
(9,54)					<u>45,2</u> 75			<u>30</u> 32	107 < 185

Chapitre 8

Echangeurs et Pompe

8.1 échangeurs de chaleur

8.11 - Introduction:

Dans les contrôles des installations de chauffage importantes il faut, souvent, pour véhiculer dans un réseau a distance la chaleur produite par les chaudières transformer le fluide chauffant , par exemple; eau chaude.

On utilise danx ee but, des échangeurs de chaleur les types des échangeurs les plus utilisés en chauffage central sont:

- échangeur à contre-courant à tube en U,
Vapeur - eau.
- échangeur de chaleur à contre-courant à tube rectilignes

8.12 Dimension des échangeurs:

La puissance \dot{Q}_k qui doit être fournie par la chaufferie s'obtient par la formule:

$$\dot{Q}_k = \dot{Q} (1 + Z_R) \quad (8.1.)$$

dans laquelle , \dot{Q} représente les besoins calorifique du bâtiment selon DIN 4701, en Kcal/h.

Z_R un supplément pour les pertes calorifiques du reseau de tuyauteries.

Pour Z_R , utiliser les valeurs suivantes:

- pour les installations dans lesquelles les tuyauteries sont protégées colonnes montantes le long des murs intérieurs conduites de distribution avec calorifuge dans les pièces chauffées --- $Z_R = 0,05$

- Pour les installations dans lesquelles les tuyauteries sont moins protégées, colonnes montants le long des murs extérieurs conduites de distribution avec calorifuge dans les pièces froides --- $Z_R = 0,1$.

- Pour les installations dont le reseau de tuyauterie très étendu est placé d'une façon particulièrement défavorable colonnes montantes incorporées dans des greniers froids --- $Z_R = 0,15$

soit $\dot{Q}_k = 78275$ Kcal/h d'après tableau T-6.1
et $Z_R = 0,1$ d'après le mode de l'installation.

$$\dot{Q}_k = 78275 (1 + 0,1) = 86102 \text{ Kcal/h}$$

Pour déterminer la puissance d'un échangeur (\dot{Q}_{ec}) on additionne \dot{Q}_s , la surpuissance est la puissance à prévoir pour remonter rapidement en température après l'arrêt ou le ralenti de la chaudière.

Quant à \dot{Q}_s , il est conseillé (1) de prendre 15% de la valeur des déperditions Q .

La puissance de la chaudière s'exprimera par:

$$\dot{Q}_{ec} = \dot{Q}_k + \dot{Q}_s \quad (8.2)$$

$$\dot{Q}_s = \frac{78275 \times 15}{100} = 11741 \text{ Kcal/h}$$

$$\dot{Q}_{ec} = 86102 + 11741 = 97843 \text{ Kcal/h}$$

8-13 Calcul des échangeurs de chaleur:

Pour le dimensionnement des échangeurs de chaleur, on part de l'équation fondamentale de la transmission calorifique.

(1)

$$Q^o = K S D_m \quad (8.3)$$

La détermination de la transmission calorifique K est traitée dépend essentiellement de la transmission superficielle de la chaleur ou de la vitesse de l'écoulement et la différence moyenne efficace des températures D_m est traitée dépend de la direction de l'écoulement.

soit les valeurs qui est donnée par le calcul:

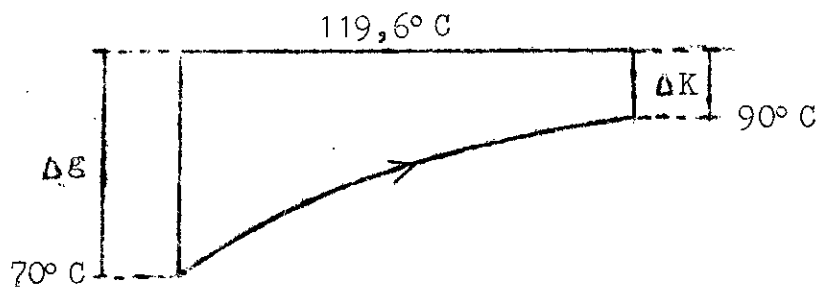
- \dot{Q}_{ec} (puissance d'échangeur) = 97843 Kcal/h

- l'eau chaude pour le chauffage 90/70°C accéléré par pompe $W = 0,2$ m/s.

- Pression absolue $P = 2$ atm ---) température de saturation $t_s = 119,0$ °C (tableau numérique A 6)

(1) H. Rietschel, W. Raiss (éq. (8.33) traité de chauffage et de climatisation tome 2.

(2) R. Bouige & D. Couillare . "traité pratique de chauffage"



Variation de la temperature dans l'échangeur

soit:
$$\frac{D_m - D_g}{D_g} = \frac{1 - (DK/D_g)}{\ln(D_g/DK)} = D_g f (DK/D_g) \quad (1) \quad (8.4)$$

$$DK = (119,6 - 90) = 29,6 \text{ C}^\circ$$

$$D_g = (119,6 - 70) = 49,6 \text{ C}^\circ$$

$$\frac{DK}{D_g} = 0,596$$

$$\frac{D_g}{DK} = 1,67$$

$$D_m = 49,6 \frac{1 - 0,596}{0,51} = 39 \text{ C}^\circ$$

Surface de chauffe: $S = \pi \cdot d_m \cdot n \cdot L$

Où d_m est le diamètre moyen des tubes de chauffage

n le nombre de tubes et L leur longueur

Si l'on choisit:

diamètre des tubes de chauffage $d_i/d_a = 16/18 \text{ mm}$

Diamètre de tubes en U: $D = 200 \text{ mm}$

Nombre de tubes $n = 30$

Longueur moyenne de tubes $L = 2 \text{ m}$

$$\text{surface de chauffe } S = \pi \cdot d_m \cdot n \cdot L = \frac{\pi \cdot 17}{100} \times 30 \times 2 = 3,20 \text{ m}^2$$

- Transmission de la chaleur sur la face de l'eau: α_2 .

Il faut calculer le diamètre équivalent d_g ,

la surface de la section f , et le périmètre U

(1) H. Rietshel . traité de chauffage et de climatisation
tome 2 (éq (8.36))

$$\text{soit: } dg = \frac{4f}{U}$$

$$f = \frac{\pi}{4} (D^2/2 - n da^2) = \frac{\pi}{4} (0,02^2 - 30 \times 1,8^2 \cdot 10^{-4})$$

$$= 0,008 \text{ m}^2$$

$$U = \pi (D/2 + n da) + D = \pi (0,1 + 30 \times 0,018) + 0,2$$

$$= 2,21 \text{ m}$$

Si l'on admet pour l'eau une vitesse $W = 0,2 \text{ m/s}$ on obtient selon la figure Q;25 (ANNEXE) pour une température moyenne du fluide de 80°C et $dg = 14,5 \text{ mm}$.

$$\alpha_2 = 950 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h. } ^\circ\text{C}$$

- Transmission de la chaleur sur la face de la vapeur.

Le coefficient de transmission calorifique à l'intérieur des tubes dans lesquels circule la vapeur doit être estimé:

$$\alpha_1 = 6000 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h. } ^\circ\text{C}$$

- Coefficient de transmission calorifique

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{6000} + \frac{1}{950}} = 820 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h. } ^\circ\text{C}$$

- Vérification:

$$Q^\circ = K \cdot S \cdot \Delta m = 820 \times 3,20 \times 39 = 102336 \text{ Kcal/h}$$

$$\approx 97843 \text{ Kcal/h}$$

Alors la surface choisie est acceptable.

8-2. Calcul de la pompe:

La puissance de la pompe se détermine d'après l'équation:

$$N_p = \frac{V \cdot H_p}{102\eta} \quad (1) \quad (\text{KW}) \quad (8.5.)$$

Dans cette équation:

V représente le débit en l/s

H_p la hauteur manométrique de la pompe en mètres d'eau.

η le rendement de la pompe.

Le débit par seconde se calcul à partir de

$$Q^{\circ\text{tot}} = 78275 \text{ kcal/h}$$

$$(2) \quad \bar{V} = \frac{Q^{\circ\text{tot}}}{C_p \cdot \rho \cdot \Delta T} = \frac{78275}{(1 \times 20 \times 969 \times 3,6)} = 1,12 \text{ l/s.}$$

(1) et (2) H. Rietshel "traité de chauffage et de climatisation" tome 2 page 321

Pour un rendement de $\eta = 0,7$, N_p est donné d'après la relation: $N_p = 1,12 H_p / 102 \times 0,7 = 0,0157 H_p$

Il faut déterminer H_p (hauteur manométrique)

$$H_p = H_{P1} + H_{P2}$$

$$H_{P1} = \frac{\sum_1^{90} RL + \sum_1^{90} Z}{1000} = 2,2 \text{ m CE (Tableau -6-3)}$$

Pour déterminer H_{P2} , il faut déterminer.

$DP = IR + Z$ entre le distributeur et l'échangeur.

Tronçon N°	Débit de chaleur Kcal/h	Débit d'eau Kg/h	longueur de tronçon m	diamètre de la tuyauterie mm	Vitesse ms	perte de charge/m mm CE
KetG	78275	3914		50	0,56	6,26

Résistance du frottement mmCe	Nodules de résistance -	resistance particulière mm CE	Résistance totale mm CE
37,56	9	135	173

Alors $H_{P2} \approx 0,2 \text{ m CE}$

$$H_p = 2,2 + 0,2 = 2,4 \text{ m CE}$$

$$N_p = 0,0157 \times 2,4 = 0,038 \text{ KW}$$

On choisit donc une pompe centrifuge mono-cellulaire "In - Line"
du type: UMF

40-30

D'après GRUNDFOS "Goldine"

8-3 puissance du réchauffeur:

La puissance du réchauffeur en Kcal/h se détermine d'après l'équation:

$$S = Q_p^c + Q^{oc}$$

Q_p : pertes de chaleur totale (allers + retours) dans la tuyauterie.

$$Q^o P = Q^o P \text{ allers} + Q^o P \text{ retours}$$

$$Q^o P \text{ allers} = 16088 \times 2 = 32176 \text{ Kcal/h (donnée par le tableau(7-2))}$$

Calculons celles de retours:

Colonne ~~GA~~ Ø 26 : 68 X 13, 88 = 943 Kcal/h

" I Ø 26 : 68 X 13, 88 = 943 "

" L Ø 20 : 54 X 13, 88 = 749 "

" N Ø 15 : 42 X 13, 88 = 583 "

" P Ø 15 : 42 X 13, 88 = 583 "

" R Ø 20 : 54 X 12, 3 = 664 "

" T Ø 20 : 54 X 12, 3 = 664 "

" V Ø 15 : 42 X 12, 3 = 516 "

" X Ø 12 : 34 X 12, 3 = 418 "

Colonne ~~Z~~ Ø 12 : 34 X 12, 3 = 418 Kcal/h

" I Ø 33 : 84 X 12, 1 = 1016 "

" III Ø 33 : 84 X 12, 1 = 1016 "

" V Ø 20 : 54 X 12, 1 = 653 "

" VII Ø 20 : 54 X 12, 1 = 653 "

" IX Ø 20 : 54 X 12, 1 = 653 "

Total = 10472 Kcal/h

Distribution horizontale: Ø 26 : 1/3 X 38X68 = 861

calorifié : Ø 20 : 1/3 X 38X54 = 684

Ø 33 : 1/3 X 38X84 = 1064

Total: 2609 kcal/h

soit une perte totale de: (32176) + (2X10472) +

+ (2X2609) = 58342 kcal/h

et Q^{oc} : la quantité de chaleur cédée à l'eau pour l'amener de 15°C (température de l'eau froide) à 60°C (température de l'eau chaude sanitaire).

Le bilan thermique s'écrira alors:

$$S = \dot{Q}_p + \dot{Q}_{ec}$$

qui s'écrit encore:

$$S = \dot{Q}_p + q'_c \cdot C_p \cdot DT \quad (8.6)$$

$$\text{soit: } q'_c = q_c \cdot N$$

avec:

q_c = débit d'eau chaude par 1 appareil

N = nombre d'appareils (mon projet contient, 50 eviers, 50 lavabos et 50 Baignoires)

Si on admet qu'en une heure d'occupation les appareils fonctionnent la moitié du temps.

Alors en une heure le débit d'eau chaude par appareil s'obtient par:

$$q_c = q_i \cdot t/2 \quad (8.7)$$

où: q_i est le débit instantané

t le temps d'occupation en secondes

$$\text{soit: } q_{i1} = 0,20 \times \frac{3600}{2}$$

$$q_{i2} = 0,10 \times \frac{3600}{2}$$

$$q_{i3} = 0,35 \times \frac{3600}{2}$$

$$q_c = q_{c1} + q_{c2} + q_{c3} = (0,20 + 0,10 + 0,35) \frac{3600}{2}$$

$$q_c = 1170 \text{ l/h}$$

Notre installation étant composée de 50 baignoires, 50 lavabos et 50 eviers.

Le débit d'eau chaude consommée devient:

$$q'_{c1} = q_{c1} \times 50$$

$$q'_{c2} = q_{c2} \times 50$$

$$q'_{c3} = q_{c3} \times 50$$

$$q'_c = q'_{c1} + q'_{c2} + q'_{c3} = q_c \times 50 = 1170 \times 50 =$$
$$q'_c = 58500 \text{ l/h}$$

Soit en débit massique: $\dot{q}_c = 58500 \text{ Kg/h}$

$$\text{et : } S = \dot{Q}_p + \dot{q}_c \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$\dot{q}_c = 58500 \text{ Kg/h}$$

$C_p \approx 1 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$ (chaleur massique de l'eau)

$$\Delta T = 60 - 15 = 45^\circ\text{C}$$

Ce qui donne:

$$S = 58342 + 58500 \times 1 \times 45 = 2690842 \text{ Kcal/h}$$

Une puissance importante, si maintenant on chauffait l'eau pendant 4 heures avant son utilisation, on aurait:

$$4S = 2690842 \text{ Kcal/h}$$

et par conséquent, une puissance du réchauffeur de:
672710 Kcal/h

8- 4 Détermination de la pompe de l'eau sanitaire:

pour le circuit le plus défavorisé, on trouve

$$DP = (583 + 973 + 185) \cdot 2 = 3482 \text{ mm CE}$$

(D'après le tableau 7.3) soit une hauteur manométrique de 3,5m. On cherche la courbe caractéristique de la pompe qui se rapproche à la hauteur manométrique de 3,5m et le débit = $(1188 + 836 + 1193) \cdot 2 = 6434 \text{ l/h} = 1,78 \text{ l/s}$

On choisit donc une pompe centrifuge mono-cellulaire

" In - Line " du type : UPT

40-60

D'après GRUNDFOS " goldine ".

... / ...

8-5 Organes de sécurité:

La prescription la plus importante précise que toutes les chaudières de chauffage à eau chaude basse pression chauffées avec des combustibles, des gaz de combustion ou du courant électrique doivent être mises en communication avec le vase d'expansion par deux tubes de sécurité ne comportant aucun organe de fermeture.

Une fois branchés sur la chaudière (ou échangeurs), ces tubes de sécurité prenant les noms de tube de sécurité aller et tube de sécurité retour. Le premier peut indifféremment être branché en partie haute ou en partie basse du vase. Il doit pouvoir laisser passer, le cas échéant, une émulsion eau-vapeur de telle façon que la pression dans la chaudière ne puisse dépasser la valeur de la pression statique correspondant au niveau du vase au-dessus de la chaudière. Le tube de sécurité retour part de la partie inférieure du vase; son rôle est de ramener à la chaudière l'excédent de volume d'eau dû à la dilatation et d'éviter la marche à sec et les coups de feu dans la chaudière.

Les deux tubes de sécurité ne doivent comporter aucune réduction de section (par exemple des organes d'étranglement) et être posés en pente constamment ascendante vers le vase. Leur diamètre intérieur ne peut être inférieur à 25 mm; il doit en outre satisfaire aux conditions suivantes:

tube de sécurité aller:

$$d_A = 15 + 1,5 \sqrt{Q/1000} \quad (\text{mm}) \quad (8.8)$$

Tube de sécurité retour:

$$d_R = 15 + \sqrt{Q/1000} \quad (\text{mm}) \quad (8.9)$$

Dans lesquels d_A et d_R désignant les diamètres intérieurs, Q désigne la puissance de la chaudière (échangeurs) puissance effective à laquelle la chaudière est réglée.

Calcul de d_A et d_R

avec: $Q = 102336 \text{ Kcal/h}$

$$d_A = 15 + 1,5 \sqrt{102336 / 1000} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{et } d_R = 15 + \sqrt{102336 / 1000} = 25 \text{ mm}$$

On choisit pour tube de sécurité aller, un tube filetés mi-lourds DIN 2440 de diamètre 32 mm.

et pour tube de sécurité retour, un tube filetés mi-lourds DIN 2440 de diamètre 25 mm.

Vase d'expansion:

On utilise comme vase d'expansion des récipients fermés, cylindriques ou parallélépipédiques, en tôle d'acier.

Leur capacité doit être égale à environ 2 fois l'augmentation de volume due à la dilatation de toute l'eau contenue dans l'installation. Les dimensions principales des vases d'expansion cylindriques de 30 à 1000 litres de capacité sont normalisation, de même que le diamètre de leurs tubulures, voir, norme DIN 4806 (ANNEXE). On peut les poser verticalement ou horizontalement. L'épaisseur de la tôle doit être d'au moins 3 mm.

8-6 Tubes des tuyauteries:

D'après traité de chauffage et de climatisation tome 2 (planche de travail n° 4) on choisit les tubes filetés mi-lourds DIN 2440 et les tubes en acier sans soudure DIN 2448 pour l'installation de chauffage central.

Et pour l'installation de l'eau chaude sanitaire, on choisit les tubes en fer, mais d'après traité pratique de chauffage J - B. Baillié.

8-7 Régulation en chauffage central:

8 - 71 - Introduction:

Un appareil de régulation est un appareil qui assure le contrôle du fonctionnement et la sécurité d'un autre appareil ou groupement d'appareils.

.../...

8.72 But de la régulation.

La régulation appliquée au chauffage central doit remplir plusieurs fonctions dont:

- 1 - Le maintien de la température intérieure à une valeur constante quelque soit la température extérieure.
- 2 - Le contrôle des fonctions de l'installation de chauffage et sa sécurité.

La régulation a pour principale conséquence de jouer un rôle économique en diminuant les interventions humaines et en permettant une marche adoptée à tout instant aux conditions à remplir.

Il existe 2 tubes de régulations:

- régulation individuelle
- régulation centrale.

B I B L I O G R A P H I E

- H. Rietschel - W. RAISS - Traité de chauffage et de climatisation, tome 1 et 2
Editions DUNOD.
- R. BOUIGE - D. Couillard - Traité pratique de chauffage.
Editions J.-B. Bailliére
- J - M. BLOCH - LAINE - Guide pratique de l'isolation thermique des bâtiments.
Editions EYROLLES
- D. Couillard et R. Bouige - Chauffage, ventilation climatisation.
Editions EYROLLES.

ANNEXE

TABLEAU NUMÉRIQUE A 6

✓

Eau et vapeur d'eau (1)

Pression absolue p atm	Température de saturation t_s °C	Volume de vapeur saturée v'' m ³ /kg	Chaleur de vaporisation r kcal/kg
0,3	68,7	5,33	558,2
0,4	75,4	4,07	554,2
0,5	80,9	3,30	550,9
0,6	85,5	2,78	548,1
0,7	89,4	2,41	545,7
0,8	93,0	2,13	543,5
0,9	96,2	1,90	541,5
1,0	99,1	1,73	539,6
1,2	104,2	1,45	536,3
1,4	108,7	1,26	533,4
1,6	112,7	1,11	530,8
1,8	116,3	0,995	528,5
2,0	119,6	0,902	526,3
2,5	126,8	0,732	521,4
3,0	132,9	0,617	517,1
3,5	138,2	0,534	513,4
4	142,9	0,471	510,0
5	151,1	0,382	503,9
6	158,1	0,321	498,6
7	164,2	0,278	493,8
8	169,6	0,245	489,5
9	174,5	0,219	485,4
10	179,0	0,198	481,6
12	187,1	0,166	474,7
14	194,1	0,143	468,4
16	200,4	0,126	462,6
18	206,1	0,112	457,2
20	211,4	0,102	452,1
25	222,9	0,081 5	440,3
30	232,8	0,067 9	429,7

(1) Selon Schmidt, E., *VDI-Wasserdampf tafeln*, 7^e édit. (1968). Berlin-Heidelberg-New York : Springer ; Munich : Oldenbourg.

TABLEAU NUMÉRIQUE A 12

Températures des locaux (d'après DIN 4701 ; valeurs recommandées)

1 <i>Immeuble d'habitation</i>	
Locaux d'habitation, chambres à coucher, cuisines	+ 20 °C
Antichambres, vestibules, WC	+ 15 °C
Cages d'escalier	+ 10 °C
Salles de bain	+ 22 °C
2 <i>Immeubles de commerce et d'administration</i>	
Locaux de commerce et de bureaux, restaurants, chambres d'hôtel, magasins	+ 20 °C
Vestibules, cages d'escalier, WC	+ 15 °C
3 <i>Ecoles</i>	
Locaux d'instruction et d'administration	+ 20 °C
Cuisines d'apprentissage et ateliers	+ 15 à + 18 °C
Locaux de matériel scolaire, vestiaires, salles de gymnastiques	+ 15 °C
Salle des fêtes	+ 18 °C
Salle de bains et locaux de déshabillage	+ 22 °C
Vestibules, cages d'escaliers, salle de récréation closes, WC (dans les jardins d'enfants + 15 °C)	+ 5 à + 10 °C

TABLEAU NUMÉRIQUE A 15b

Rapport longueur de joints l à surface de fenêtre ou de porte S
pour la détermination approximative de la longueur des joints ($\omega = l/S$)

	Hauteur de la fenêtre ou de la porte m	ω
Fenêtres à nombre de vantaux quelconque	0,50	7,2
	0,63	6,2
	0,75	5,3
	0,88	4,9
	1,00	4,5
	1,25	4,1
	1,50	3,7
	2,00	3,3
	2,50	3,0
Portes et portes-fenêtres : à deux vantaux à un vantail	2,50	3,3
	2,10	2,6

TABLEAU NUMÉRIQUE A 14

Majorations z_D et z_H en %

a) Majorations groupées $z_D = z_U + z_A$

Mode d'exploitation	Coefficient D	0,1 à 0,29	0,30 à 0,69	0,70 à 1,49	1,5
I	Exploitation réduite	7	7	7	7
II	Interruption de 9 à 12 h de durée	20	15	15	15
III	Interruption de 12 à 16 h de durée	30	25	20	15

b) Majorations z_H pour orientation

Orientation	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE
Majoration z_H	- 5	- 5	0	+ 5	+ 5	+ 5	0	- 5

TABLEAU NUMÉRIQUE A 15a

Perméabilité des joints a par mètre de longueur de joints (en m^3/h)

pour portes et fenêtres d'exécution irréprochable et avec des vantaux de dimensions normales

Fenêtres en bois et en matière synthétique	Fenêtres simples	3,0
	Fenêtres composées	2,5
	Fenêtres doubles et fenêtres simples avec étanchéité garantie	2,0
Fenêtres en acier et fenêtres métalliques	Fenêtres simples	1,5
	Fenêtres composées	1,5
	Fenêtres doubles et fenêtres simples avec étanchéité garantie	1,2
Portes intérieures	non étanches (sans seuil)	40
	étanches (avec seuil)	15
Portes extérieures	comme les fenêtres	

TABLEAU NUMÉRIQUE A 16 .

Caractéristique de local R

*pour des locaux avec des fenêtres et des portes de dimensions.
de longueur de joints et d'un nombre-courants*

Rapport de surface	Fenêtre en bois ou en matière synthétique		Fenêtre en acier et fenêtres métalliques		Caractéristique de maison
	Portes intérieures		Portes intérieures		
	étanches	non étanches	étanches	non étanches	
S_E/S_P	< 1,5	< 3	< 2,5	< 6	$R = 0,9$
S_E/S_P	1,5...3	3...9	2,5...6	6...20	$R = 0,7$

S_E = Surface des fenêtres et portes extérieures au vent.

S_P = Surface des portes sous le vent.

Pour les portes coulissantes on peut toujours poser $R = 1$.

TABLEAU NUMÉRIQUE A 17

Caractéristique de maison H

		Maison d'alignement	Maison individuelle (1)
Région normale	Site protégé	0,24	0,34
	Site découvert	0,41	0,58
	Site particulièrement découvert	0,60	0,84
Région à vents forts	Site protégé	0,41	0,58
	Site découvert	0,60	0,84
	Site exceptionnellement découvert	0,82	1,13

TABLEAU NUMÉRIQUE A 18

Coefficients k des fenêtres et portes

	kcal/m ² . h. °C	
Portes		
Porte extérieure, bois	3,0	
Porte extérieure, acier	5,0	
Porte de balcon, bois, avec remplissage laine de verre, porte simple	4,0	
Porte de balcon, bois, avec remplissage laine de verre, porte double	2,0	
Porte intérieure	2,0	
	Bois	Métal
Fenêtres extérieures (1)		
Vitrage simple	4,5	5,0
Vitrage double, 6 mm d'écartement entre les 2 verres	3,1	3,4
Vitrage double, 12 mm d'écartement entre les 2 verres	2,8	3,1
Fenêtre composée	2,2	3,0
Fenêtre double	2,0	2,8
Imposte — simple dans cadre métallique		5,0
Imposte — double dans cadre métallique		3,0
Grandes vitrines, fenêtre à encadrement en béton		5,0
Fenêtre en pavés de verre creux		2,5
Fenêtres intérieures		
Fenêtres simples		3,0
Fenêtres doubles		2,0
Fenêtres de serres		
$S_{\text{surfaces vitrées}} / S_{\text{surface au sol}} = 1$		5,0
$= 1,5$		4,1
$= 2,0$		3,6
$= 2,5$		3,3
$= 3,0$		3,0

(1) L'exécution « Bois » s'applique également aux matières synthétiques; l'exécution « Acier » aux métaux non ferreux.

TABLEAU NUMÉRIQUE A 19

Coefficients k des murs [kcal/m² . h. °C] (selon DIN 4701)

1. Maçonnerie de blocs pleins, perforés ou creux (enduits sur une ou deux faces)

Remarque. En tête du tableau on a à côté des anciennes mesures (entre parenthèses) indiqué également les nouvelles épaisseurs de murs pour des mêmes valeurs des coefficients k . A cause de la faible différence des coefficients k , on n'a pas fait de différence dans le tableau lui-même.

Matériau	Masse volum. (1) kg/m ³	Murs extérieurs, épaisseur (mm)				Murs intérieurs, épaisseur (mm)			
		240 (250)	300	365 (380)	490 (510)	115 (120)	175 — (250)	240 — (300)	365 (380)
A. Briques (DIN 105)									
Brique pleine, brique creuse de construction, brique creuse	1 000	1,19	1,01	0,87	0,68	1,63	1,31	1,08	0,93
	1 200	1,29	1,10	0,95	0,75	1,72	1,40	1,17	1,01
	1 400	1,42	1,22	1,06	0,85	1,83	1,51	1,27	1,11
	1 800	1,69	1,47	1,29	1,04	2,03	1,71	1,47	1,30
Brique pleine, brique de construction, brique dure surcuite perforation verticale	≥ 1 900	1,98	—	—	—	2,20	—	1,69	—
Brique surcuite pour bâtiment		1,81	1,56	1,36	1,09	—	—	—	—
Brique surcuite en parement extérieur de 155 mm d'épaisseur brique pleine à l'intérieur									
B. Briques silico-calcaires (DIN 106, Feuille 1)									
Bloc creux silico-calcaire	1 000	1,25	1,06	0,92	—	—	1,36	1,13	0,98
Brique perforée silico-calcaire, bloc creux silico-calcaire	1 200	1,35	1,16	1,00	0,79	1,77	1,45	1,21	1,05
Brique perforée silico-calcaire	1 400	1,56	1,35	1,18	0,95	1,93	1,62	1,38	1,21
Brique pleine silico-calcaire	1 800	1,92	1,69	1,49	1,23	2,17	1,88	1,65	1,47
Brique pleine silico-calcaire, brique silico-calcaire extra-dure	> 1 800	1,98	1,75	1,55	1,28	2,20	1,92	1,69	1,52
C. Briques de laitier (DIN 398)									
Brique de laitier HS 100 et HS 150		1,56	1,35	1,18	0,95	1,63	1,62	1,48	1,21
Brique de laitier extra-dure HHS		1,79	1,56	1,38	1,12	2,09	1,79	1,55	1,38
D. Blocs de béton cellulaire (au gaz et à la mousse) (DIN 4165, Feuille 1), durcis à la vapeur	600	0,96	0,81	0,69	0,53	1,41	1,10	0,89	0,76
	800	1,08	0,91	0,78	0,61	1,52	1,21	0,99	0,85
	1 000	1,19	1,01	0,87	0,68	1,63	1,31	1,08	0,93
E. Blocs pleins en béton léger p. ex. de ponce naturelle, d'argile surcuite, de brique broyée, de scories, etc. (DIN 18151)	800	1,08	0,91	0,78	0,61	1,52	1,21	0,99	0,85
	1 000	1,19	1,01	0,87	0,68	1,63	1,31	1,08	0,93
	1 200	1,29	1,12	0,95	0,75	1,72	1,40	1,17	1,01
	1 400	1,48	1,27	1,11	0,88	1,87	1,56	1,31	1,15
	1 600	1,69	1,47	1,29	1,04	2,03	1,71	1,47	1,30
F. Blocs creux en béton léger p. ex., de ponce naturelle, d'argile surcuite, de brique broyée, de scories, etc. (DIN 18151)									
Blocs creux à deux évidements	1 000	1,15	0,97	0,83	—	—	1,27	1,05	0,90
	1 200	1,23	1,05	0,90	—	—	1,35	1,11	0,96
Blocs creux à trois évidements	1 000	1,35	1,16	1,00	—	—	1,45	1,21	1,05
	1 400	1,23	1,05	0,90	—	—	1,35	1,11	0,96
	1 600	1,35	1,16	1,00	—	—	1,45	1,21	1,05

(1) La masse volumique se rapporte en général aux blocs, y compris éventuellement les cavités, mais non pas à la maçonnerie. Pour le paragraphe F seulement il faut mettre la masse volumique du béton sans cavités.

TABLEAU NUMÉRIQUE A 19 (suite)

2. Panneaux de grandes dimensions et éléments de construction sans joints en bétons légers et en bétons divers
(enduits sur une ou deux faces)

Matériau	Masse volum. kg/m ³	Epaisseur des murs extérieurs (mm)								Epaisseur des murs intérieurs (mm)							
		187,5	200	250	300	312,5	350	375	400	50	75	100	125	150	200	250	300
<i>Panneaux de murs en béton léger (DIN 18162) de ponce naturelle (planches de ponce)</i>	800	—	—	—	—	—	—	—	—	1,90	1,60	1,38	1,21	1,08	—	—	—
ponce de haut fourneau, argile surcuite	1 000	—	—	—	—	—	—	—	—	2,01	1,74	1,52	1,35	1,21	—	—	—
béton de laitier	1 200	—	—	—	—	—	—	—	—	2,22	1,95	1,74	1,57	1,43	—	—	—
ponce de vitrification, brique broyée, tuf lavé, béton léger, agrégats légers	1 400	—	—	—	—	—	—	—	—	2,35	2,10	1,90	1,74	1,60	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Béton léger à la chaux, béton cellulaire (au gaz ou à la mousse) (DIN 4164, étuvé à la vapeur)</i>	500	0,71	0,67	0,55	0,47	0,46	0,41	0,39	0,36	1,57	1,26	1,05	0,91	0,79	0,64	0,53	0,45
	600	0,85	0,81	0,67	0,58	0,56	0,50	0,47	0,45	1,74	1,43	1,21	1,05	0,93	0,76	0,63	0,55
	800	1,01	0,96	0,86	0,70	0,67	0,61	0,58	0,54	1,90	1,60	1,38	1,21	1,08	0,89	0,76	0,66
	1 000	1,16	1,11	0,93	0,81	0,78	0,71	0,67	0,64	2,01	1,74	1,52	1,35	1,21	1,01	0,86	0,75
<i>Béton d'agrégats non poreux (p. ex. gravier) mais poreux par les joints</i>	1 500	—	—	1,44	1,28	1,24	1,14	1,09	1,03	—	—	—	—	1,67	1,45	1,28	1,13
	1 700	—	—	1,68	1,50	1,46	1,35	1,29	1,23	—	—	—	—	1,85	1,63	1,46	1,33
	1 900	—	—	1,99	1,80	1,76	1,65	1,57	1,51	—	—	—	—	2,07	1,86	1,70	1,56
<i>Bétons d'agrégats non poreux à joints fermés</i>																	
Classe du béton $B \leq 120$	—	—	—	2,32	2,12	2,08	1,97	1,90	1,83	—	—	—	—	2,26	2,08	1,93	1,80
Classe du béton $B \geq 160$	—	—	—	2,58	2,40	2,36	2,24	2,17	2,10	—	—	—	—	2,43	2,27	2,14	2,02
<i>Bétons légers d'après DIN 4232 et parois exécutées par jet d'après DIN 4103</i>	800	1,01	0,96	0,86	0,70	0,67	0,61	0,58	0,54	1,90	1,60	1,38	1,21	1,08	0,89	0,76	0,66
	1 000	1,16	1,11	0,93	0,81	0,78	0,71	0,67	0,64	2,01	1,74	1,52	1,35	1,21	1,01	0,86	0,75
	1 200	1,41	1,35	1,16	1,01	0,98	0,90	0,85	0,81	2,22	1,95	1,74	1,57	1,43	1,21	1,05	0,93
	1 400	1,63	1,56	1,35	1,19	1,16	1,06	1,01	0,96	2,35	2,10	1,90	1,74	1,60	1,38	1,21	1,08
	1 600	1,89	1,83	1,60	1,42	1,39	1,28	1,22	1,17	2,48	2,26	2,08	1,93	1,80	1,58	1,41	1,27

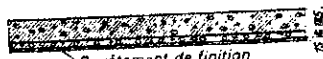
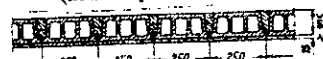
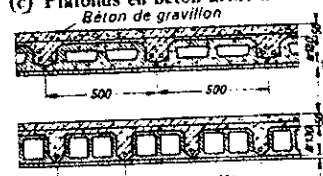
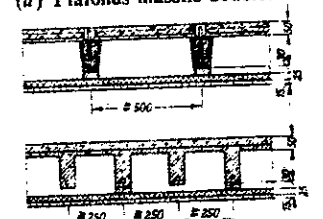
TABLEAU NUMERIQUE A 19 (suite)

3. Maçonnerie et béton avec couches calorifuges, enduits aux deux faces,
avec produits calorifuges fibreux y compris support d'enduit

(Les chiffres du tableau sont également valables pour des constructions à pans de bois
avec remplissage par les matériaux indiqués)

Matériau	Masse volum. kg/m ³	Epaisseur mm	Murs extérieurs						Murs intérieurs							
			Plaques légères de construction en fibre de bois (DIN 1101)			Plaques de liège Isolants fibreux (DIN 18165)			Plaques légères de constr. en fibres de bois (DIN 1101)		Plaques de liège Isolants fibreux (DIN 18165)					
			15 mm	25 mm	35 mm	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	20 mm	15 mm	25 mm	10 mm	15 mm	20 mm	30 mm
Brique perforée, brique creuse de construction (DIN 105)	1 400	115	1,69	1,30	1,11	1,41	1,19	1,04	0,92	0,83	1,48	1,17	1,25	1,08	0,96	0,77
		175	1,42	1,13	0,99	1,21	1,05	0,93	0,83	0,75	1,26	1,03	1,10	0,96	0,86	0,71
		240	1,20	0,99	0,88	1,05	0,93	0,83	0,75	0,69	1,09	0,91	0,97	0,85	0,78	0,65
Brique pleine, brique de construction, brique dure surcuite à perforation verticale (DIN 105)	1 400	115	1,85	1,39	1,18	1,52	1,27	1,10	0,96	0,86	1,60	1,24	1,34	1,14	1,00	0,80
		240	1,38	1,11	0,97	1,19	1,03	0,92	0,82	0,74	1,24	1,01	1,08	0,95	0,85	0,70
Brique perforée silico-calcaire (DIN 106 Feuille 1)	1 400	115	1,80	1,34	1,15	1,47	1,24	1,07	0,95	0,85	1,56	1,20	1,30	1,12	0,98	0,79
		175	1,52	1,19	1,03	1,28	1,10	0,97	0,86	0,78	1,35	1,08	1,15	1,01	0,90	0,73
Brique de laitier HS 100 et HS 150 (DIN 398)	1 400	240	1,31	1,05	0,93	1,12	0,99	0,88	0,79	0,72	1,17	0,96	1,02	0,91	0,82	0,68
Brique pleine silico-calcaire (DIN 106 Feuille 1)	≥ 1 800	115	1,98	1,46	1,23	1,60	1,33	1,15	1,00	0,89	1,69	1,30	1,40	1,19	1,04	0,83
		175	1,79	1,34	1,15	1,46	1,24	1,07	0,94	0,84	1,55	1,20	1,30	1,12	0,98	0,79
		240	1,53	1,20	1,04	1,29	1,11	0,98	0,87	0,79	1,35	1,09	1,17	1,01	0,90	0,74
Blocs pleins en béton léger (DIN 18152)	1 000	115	1,53	1,19	1,04	1,29	1,11	0,97	0,87	0,78	1,35	1,08	1,16	1,01	0,90	0,73
		175	1,25	1,01	0,91	1,08	0,95	0,85	0,77	0,70	1,13	0,93	0,99	0,88	0,79	0,66
		240	1,04	0,87	0,78	0,92	0,82	0,75	0,68	0,63	0,95	0,81	0,85	0,77	0,70	0,60
	1 400	115	1,74	1,31	1,13	1,43	1,21	1,05	0,93	0,84	1,52	1,18	1,28	1,10	0,97	0,78
		175	1,46	1,15	1,00	1,24	1,07	0,95	0,85	0,76	1,30	1,04	1,12	0,98	0,87	0,72
		240	1,25	1,01	0,90	1,08	0,95	0,85	0,77	0,70	1,13	0,93	0,99	0,88	0,79	0,66
Béton léger (DIN 4232)	1 600	125	1,78	1,35	1,15	1,47	1,23	1,07	0,94	0,85	1,54	1,21	1,30	1,11	0,98	0,79
		187,5	1,52	1,19	1,03	1,28	1,11	0,97	0,86	0,78	1,35	1,08	1,16	1,01	0,90	0,73
		250	1,32	1,07	0,94	1,14	1,00	0,89	0,80	0,73	1,19	0,98	1,04	0,92	0,83	0,68
Béton de gravier et de gravillon à joint fermé (DIN 1047) B ≥ 120	1 600	125	2,14	1,55	1,29	1,70	1,40	1,20	1,03	0,92	1,81	1,37	1,49	1,25	1,08	0,85
		187,5	1,94	1,44	1,21	1,58	1,31	1,13	0,99	0,88	1,67	1,28	1,39	1,18	1,03	0,82
		250	1,78	1,34	1,15	1,47	1,23	1,07	0,94	0,85	1,54	1,21	1,30	1,11	0,98	0,79
		125	2,26	1,61	1,33	1,78	1,45	1,23	1,06	0,94	1,89	1,41	1,54	1,29	1,11	0,87
		187,5	2,10	1,52	1,27	1,67	1,37	1,18	1,02	0,91	1,78	1,35	1,46	1,23	1,07	0,84
		250	1,94	1,44	1,22	1,58	1,31	1,13	0,99	0,88	1,67	1,28	1,39	1,18	1,03	0,82

TABEAU NUMÉRIQUE A 21
Coefficients de résistance calorifique totale 1/k de plafonds, planchers et toitures plates (y compris terrasses)
[m² . h . °C/kcal] (DIN 4701)

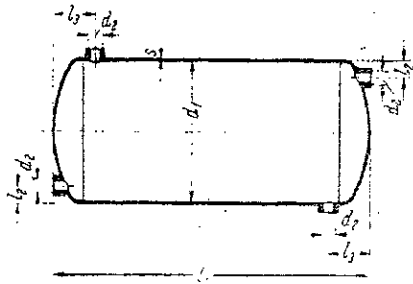
Type	Disposition et revêtement	Couche isolante additionnelle (mm)								
		Plaques légères de construction en fibres de bois (DIN 1101)				Plaques de liège, isolants fibreux (DIN 18165)				
		0	15	25	35	50	5	10	15	25
(a) Dalles en béton armé  Revêtement de finition	Plafonds et sols ⁽¹⁾ Lames de bois sur lambourdes Parquet de liège ou parquet de bois (au bitume ou similaire), chape flottante B 225 Chape de pierre au bois ou terrazzo et carreaux ou linoléum ou matière synthétique, chape flottante B 225 Chape en ciment (couche de finition) chape flottante B 225	0.91	1.04	1.22	1.35	1.61	1.04	1.16	1.30	1.54
		0.60	0.73	0.91	1.04	1.32	0.73	0.85	0.98	1.23
(b) Plafonds métalliques avec corps creux (hourdis perforés) 	Plafonds extérieurs Toitures massives, carton bitumé sur forme de nivellement en ciment Terrasses ⁽²⁾	0.38	0.51	0.69	0.82	1.09	—	0.63	0.76	1.01
		0.43	0.56	0.74	0.87	1.14	—	0.68	0.81	1.06
(c) Plafonds en béton armé avec solives Béton de gravillon 	Plafonds et sols ⁽¹⁾ Lames de bois sur lambourdes Parquet de liège ou parquet de bois. Voir exécution plus haut Chape de pierre au bois ou terrazzo. Voir exécution plus haut Chape en ciment, voir exécution plus haut	1.06	1.19	1.37	1.49	1.78	1.19	1.32	1.45	1.69
		0.75	0.88	1.06	1.19	1.45	0.88	1.00	1.12	1.37
	Plafonds extérieurs Toitures massives, carton bitumé sur forme de nivellement en ciment Terrasses ⁽²⁾	0.67	0.80	0.98	1.01	1.38	0.80	0.92	1.05	1.30
		0.61	0.76	0.95	1.07	1.34	0.76	0.88	1.01	1.27
(d) Plafonds massifs doubles 	Plafonds et sols ⁽¹⁾ Lames de bois sur lambourdes Parquet de liège ou parquet de bois. Voir exécution plus haut Chape de pierre au bois ou terrazzo. Voir exécution plus haut Chape en ciment, voir exécution plus haut	1.25	1.39	1.56	1.69	1.97	1.39	1.49	1.64	1.89
		0.94	1.07	1.25	1.37	1.64	1.07	1.19	1.32	1.56
	Plafonds extérieurs Toitures massives, carton bitumé sur forme de nivellement en ciment Terrasses ⁽²⁾	0.86	0.99	1.18	1.30	1.56	0.99	1.11	1.23	1.49
		0.82	0.95	1.12	1.27	1.53	0.95	1.07	1.21	1.45
		0.72	0.85	1.03	1.16	1.43	—	0.97	1.10	1.35
		0.77	0.90	1.07	1.20	1.47	—	1.02	1.15	1.41

⁽¹⁾ Pour des plafonds sur caves, majorer 1/k de 0,11 m² . h . °C/kcal, pour les plafonds au-dessus de passages ouverts déduire 0,04 m² . h . °C/kcal.

⁽²⁾ Terrasses : chape de ciment, terrazzo, carreaux, plaques de Solnhof sur béton, isolation par carton bitumé et forme de pente en ciment.

TABLEAU NUMÉRIQUE A 50

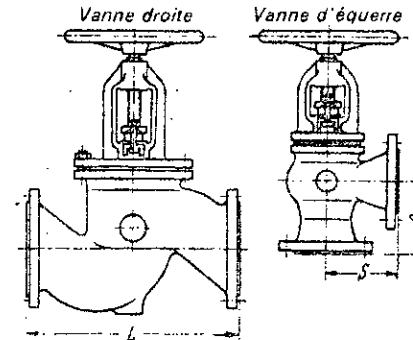
Vases d'expansion (selon DIN 4806)



Capacité (litre)	d ₁ mm	d ₂ pouces	l ₁ mm	l ₂ mm	l ₃ mm	s mm	Poids kg
30	300	R 1	500	50	100	3	14
50	350	R 1	580	50	105	3	19
75	400	R 1/4	670	50	115	3	25
100	400	R 1/4	870	60	115	3	31
125	500	R 1/4	710	60	130	3	34
150	500	R 1/4	850	60	130	3	40
200	500	R 1/2	1110	60	140	3	49
250	500	R 1/2	1350	60	140	3	57
300	600	R 1/2	1180	60	150	3	63
400	650	R 2	1310	70	170	3	77
500	700	R 2	1420	70	180	3	89
600	700	R 2 1/2	1660	80	190	3	103
800	800	R 2 1/2	1700	80	200	4	158
1000	800	R 2 1/2	2125	80	200	4	180

TABLEAU NUMÉRIQUE A 49

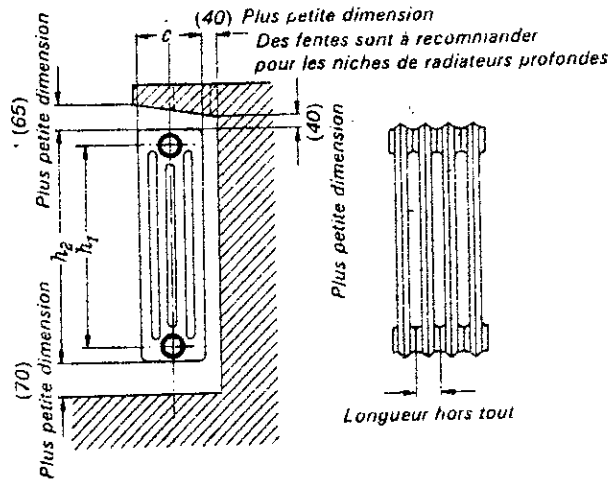
Longueurs hors tout des vannes (selon DIN 3300)



DN	PN 6		PN 10 et PN 16	
	L mm	S mm	L mm	S mm
10	120	60	120	85
15	130	65	130	90
20	150	70	150	95
25	160	75	160	100
32	180	80	180	105
40	200	90	200	115
50	230	100	230	125
65	290	120	290	145
80	310	130	310	155
100	350	150	350	175
125	400	175	400	200
150	480	200	480	225
175	550	230	550	250
200	600	250	600	275
250	730	300	730	325
300	850	350	850	375
350	980	400	980	425
400	1100	450	1100	475

TABLEAU NUMÉRIQUE A 51

Dimensions et domaine d'emploi des radiateurs normalisés
(selon DIN 4720 et 4722)



Longueur hors tout par élément (mm)	Radiateurs en fonte 60		Radiateurs en acier 50				
	Hauteur hors tout h_2 (mm)		Profondeur hors tout c Ecart admissible ± 2 (mm)				
Ecart admissible $\pm 0,3$ (mm)	Rad. fonte	Rad. acier					
	900	980	1 000	(70) ⁽¹⁾	(110) ⁽²⁾	160	220
500	580	600	—	110	160	220	—
350	430	450	—	—	160	220	—
200	280	300	—	—	—	—	250

⁽¹⁾ Seulement comme radiateur-fonte.

⁽²⁾ Seulement comme radiateur-acier.

III. CALCUL DES SURFACES DE CHAUFFE ET DES ISOLATIONS

TABLEAU NUMÉRIQUE A 26

Puissance calorifique normalisée par élément de radiateur en kcal/h pour $t_1 = 20^\circ\text{C}$ (DIN 4703, Pl. 1)

Fluide chauffant	Entraxe des connexions Largeur	900				500			350		200
		70	110	160	220	110	160	220	160	220	250
Eau $t_H = 80^\circ\text{C}$	Fonte	99	—	178	226	(81)	110	144	83	106	82
	Acier	—	106	140	178	63	85	112	65	85	67
Vapeur $t_H = 100^\circ\text{C}$	Fonte	146	—	262	332	118	162	212	122	156	120

TABLEAU NUMÉRIQUE A 51 Suite

Réalisation	Type de chauffage	Pression de fonctionnement maximale		Température de fonctionnement maximale $^\circ\text{C}$
		atm	m CE	
Type ordinaire	Chauffage à eau chaude	4	40	110
	Chauffage à vapeur (radiateur en fonte)	2	—	133
Type spécial	Chauffage à eau chaude ou eau surchauffée	6	60	140
	Chauffage à vapeur (radiateur en fonte)	4	—	151

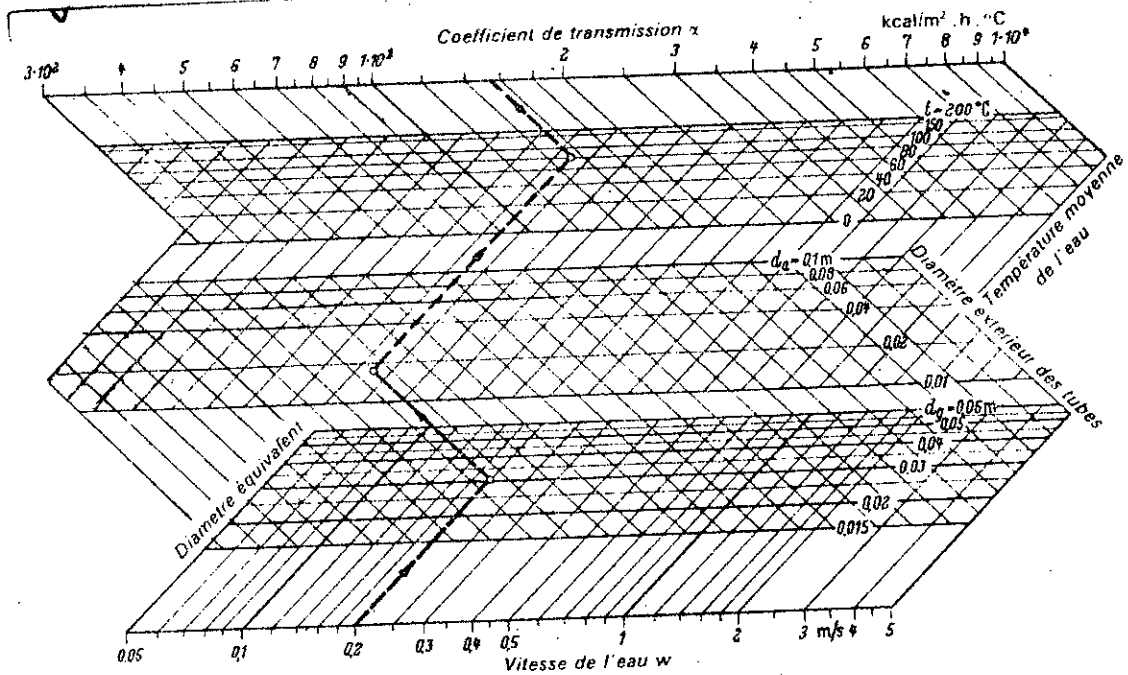


Fig. 9.25. Détermination graphique du coefficient de transmission calorifique superficielle externe d'après l'équation (9.60).

exemple: pour l'eau une vitesse $w = 0,2 \text{ m/s}$, on obtient selon la figure 9.25 pour une température moyenne du fluide de 80°C et $d_g = 30,6 \text{ mm}$

(voir tracé hachuré) $\alpha_e = 1540 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$

DEBITS DE BASE DES APPAREILS (d'après N.F.P. 201 à 204 — en l/s)

Évier	-----	0,20
Lavabo	-----	0,10
Lavabo collectif par jet	-----	0,05
Bidet	-----	0,10
Baignoire alimentée par un service d'eau chaude	-----	0,35
" " " " chauffe-bains	-----	0,25
Douche	-----	0,25

COEFFICIENTS DE SIMULTANÉITÉ
(d'après N.F.P. 201 à 204)

$$y = \frac{1}{\sqrt{x-1}}$$

x = nombre d'appareils

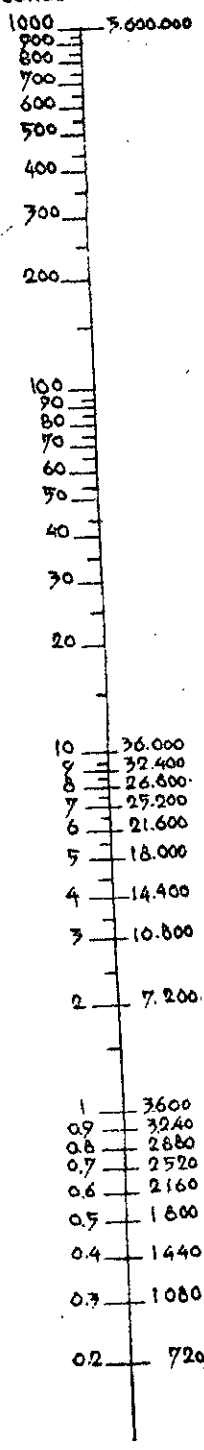
y = coefficient de simultanété.

x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
1	1	11	0,32	21	0,22	31	0,18	41	0,16	55	0,14	105	0,10
2	1	12	0,30	22	0,22	32	0,18	42	0,16	60	0,13	110	0,10
3	0,71	13	0,29	23	0,21	33	0,18	43	0,15	65	0,13	115	0,09
4	0,58	14	0,28	24	0,21	34	0,17	44	0,15	70	0,12	120	0,09
5	0,50	15	0,27	25	0,20	35	0,17	45	0,15	75	0,12	125	0,09
6	0,45	16	0,26	26	0,20	36	0,17	46	0,15	80	0,11	130	0,09
7	0,41	17	0,25	27	0,20	37	0,17	47	0,15	85	0,11	140	0,08
8	0,38	18	0,24	28	0,19	38	0,16	48	0,15	90	0,11	150	0,08
9	0,35	19	0,24	29	0,19	39	0,16	49	0,14	95	0,10		
10	0,33	20	0,23	30	0,19	40	0,16	50	0,14	100	0,10		

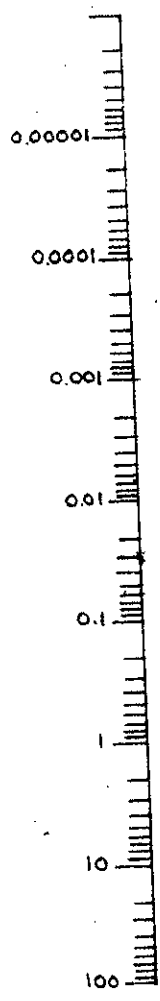
Tableau T. 7.1 . longueurs équivalentes des appareils

compteur	2 $\frac{\circ}{\circ}$ 5 m
filtre	3 $\frac{\circ}{\circ}$ 10 m
robinet d'arrêt	1,5 m
ballon	3 m
clapet	2 $\frac{\circ}{\circ}$ 15 m
coude court	2 m
" allongé	1 m
Té	3 m
mitigeur	3 m

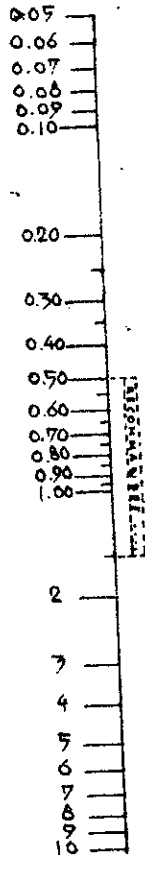
Débit en litres
Seconde Heure



Résistance
de frottement
en m par m



Vitesse
en
mètres/seconde



Diamètres

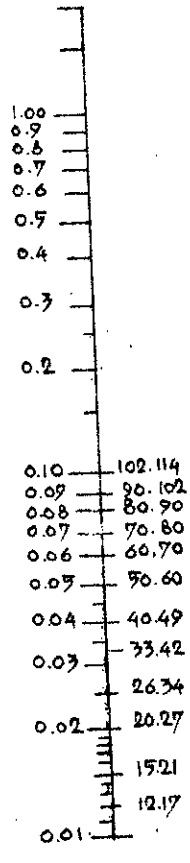


FIG. 401

abaques donnant les diamètres des différents tronçons
(installation sanitaire)

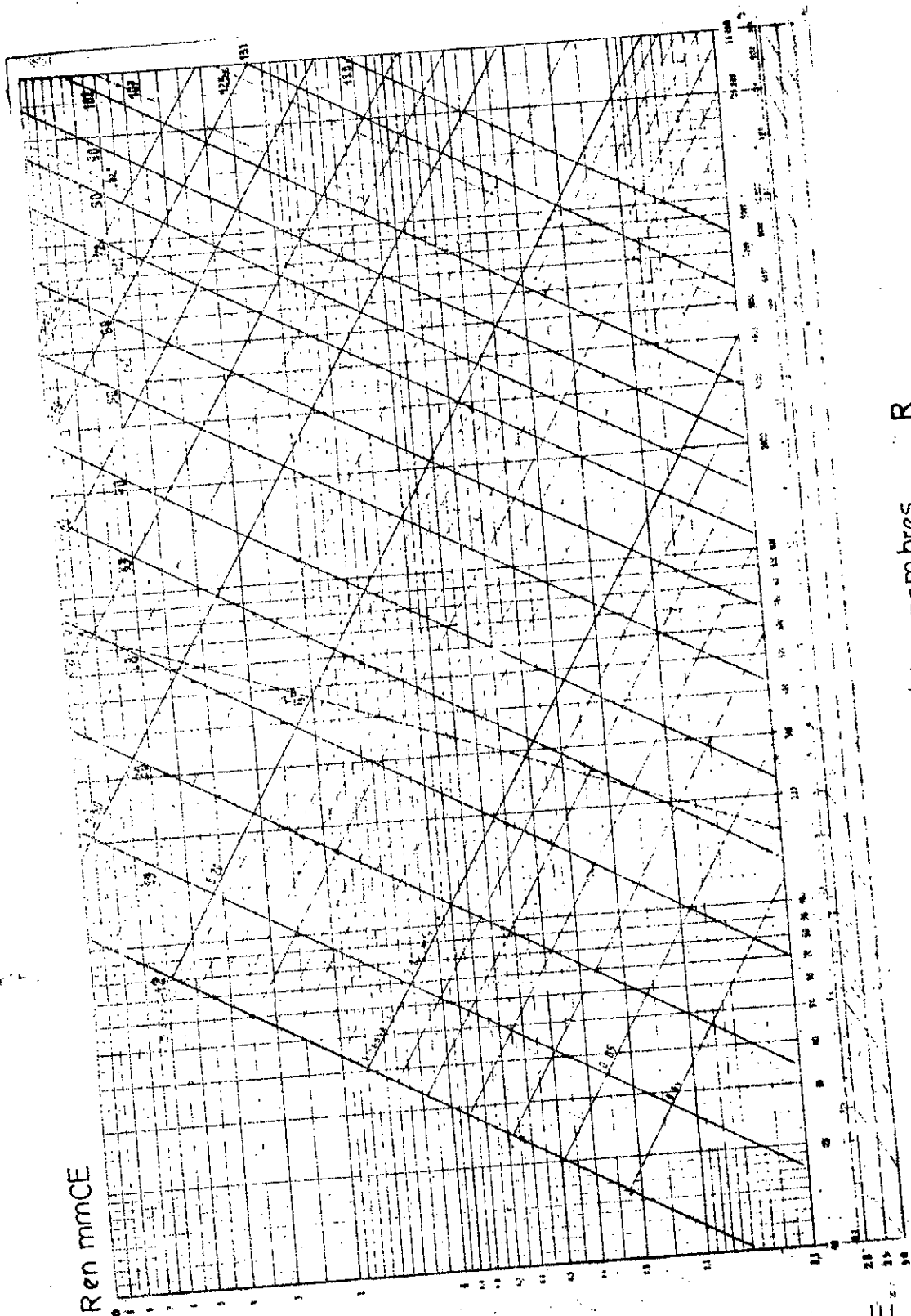


FIG. 233

Tube en fer

CHUTE

abaques donnant les différents nombres R

100 50 20 10

R en mmCE

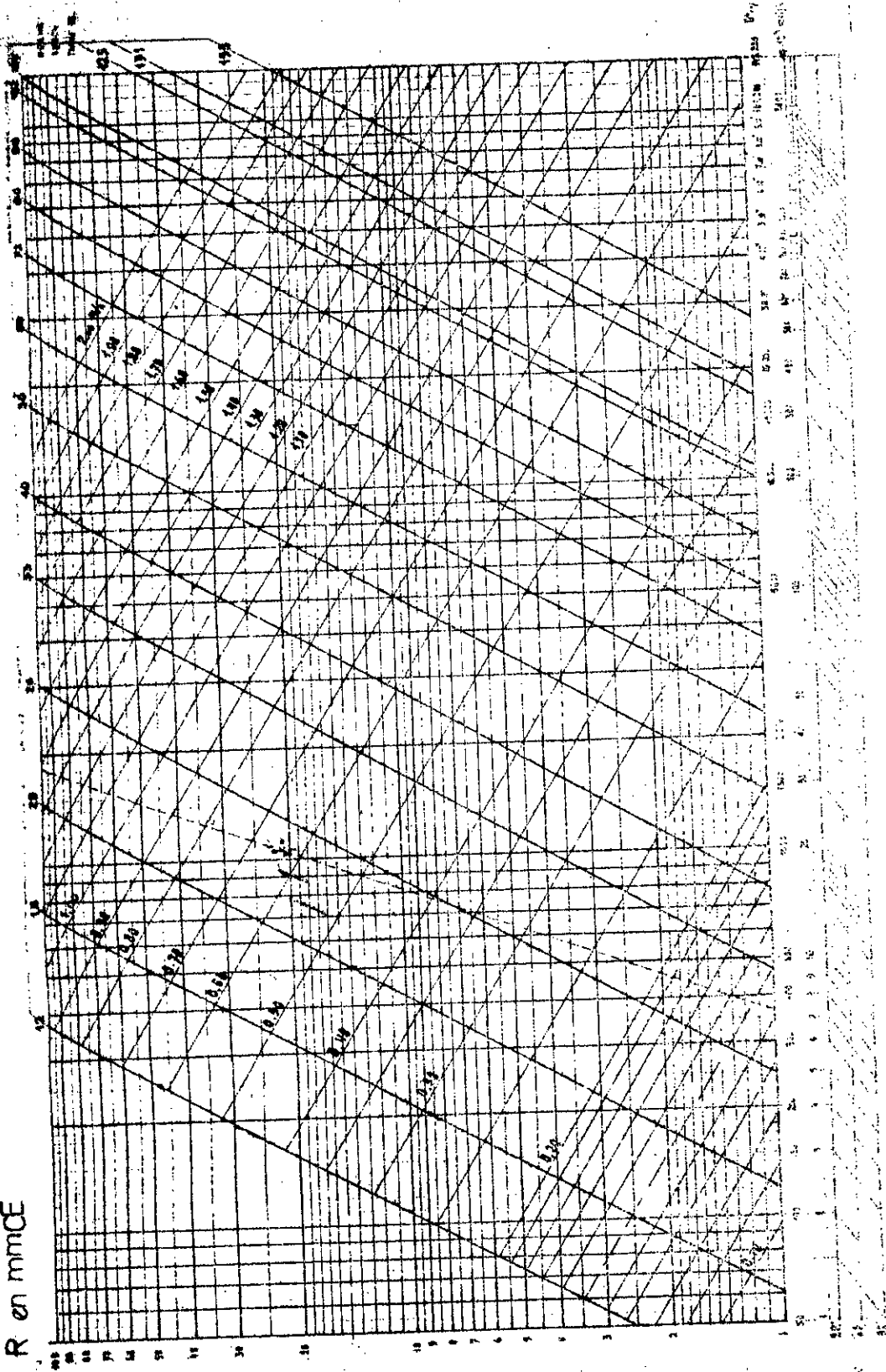


FIG. 234

TUBE en fer

CHUTE

abaques donnant les différents nombres R

