

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

31/87

وزارة التعليم و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

Aex

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GÉNIE MÉCANIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

**ETUDE D'UN BANC D'ESSAIS
DE CHAUFFAGE CENTRAL**

Proposé par : M. KHEMIS

Etudié par : AL HADJ RACHID

Dirigé par : M. KHEMIS

PROMOTION Juin 1987

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GÉNIE MÉCANIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

**ETUDE D'UN BANC D'ESSAIS
DE CHAUFFAGE CENTRALE**

Proposé par : M. KHAMIS

Etudié par : AL HADJ RACHID

Dirigé par : M. KHAMIS

PROMOTION Juin 1987

REMERCIEMENTS

Je tiens dans le cadre de cette modeste étude et en accomplissant ce travail, à remercier tous les professeurs qui ont contribué à ma formation.

Je saisis aussi l'occasion d'exprimer tout particulièrement mes remerciements et ma gratitude à mon promoteur, Monsieur KHEMIS pour les conseils qu'il m'a prodigués durant l'étude de ce projet.

Mes remerciements vont également à Messieurs Moussa et Hadach pour leurs aides précieuses.

Je tiens finalement à remercier l'Etat algérien pour m'avoir assuré les conditions nécessaires à ma formation d'ingénieur.

MINISTER DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

Ecole National Polytecnnique

Departement : Mecanique

Promoteur : M. Khemis

Eleve Ingenieur : AL-Hadj Rachid Hatim .

وزارة التعليم العالي

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

دائرة الميكانيك

الموجه : السيد خميس

الطالب المهندس : الحاج رشيد حاتم

الموضوع : دراسة وحدة تدفئة مركزية .

الملخص : يتضمن هذا المشروع تشغيل وحدة تدفئة مركزية والتأكد من المميزات

المعطاة من قبل المصمم ، واجراء دراسة نظرية لبعض سلوح التبادل الحراري من زاوية

التدفق الحراري الخاص بها ، ومعاملات التبادل الحراري لها ، وكذلك اقتراح عمل

تطبيقي ذي طابع تربوي .

Sujet : Unité De Chauffage Centrale .

Resumé: Ce projet consiste à la mise en marche de l'unité de chauffage central , La verification des caracteristiques données par le constructeur , l'étude theorique est basée sur des surfaces de chauffe , en fonction de leur flux de chaleur et coefficient de chaleur ainsi qu'à la proposition de T.P à aspect pedagogique.

Title : Central Heating Unit

Summary : This project consists in the starting a central heating unit. The cheking of the characteristics given by the maker, the realisation of the théorical Studdying about the heat exchange surfaces concerning the heat conductivity and the coefficient of the heat exchange, also for P.W proposition .

TABLE DES MATIERS

Introduction - - - - -	Pages 1
------------------------	------------

CHAPITRE I

GENERALITE :

1.1- CHOIX du système de chauffage - - - - -	2
1.2- CHOIX du combustible - - - - -	3
1.3- Avantages et inconvénients du chauffage central.	4
1.4- Description de l'installation du chauffage central	5

CHAPITRE II

ELEMENTS de l'installation

2.1- Régulation - - - - -	9
- Boitier de régulation - - - - -	9
- Sonde de température - - - - -	9
- Vanne à 4 voies - - - - -	10
2.2- Accélérateur - - - - -	12
2.3- La chaudière - - - - -	12
- Brûleur automatique - - - - -	13
- le vase d'expansion - - - - -	13
2.4 Surfaces de chauffe - - - - -	13
a- Radiateurs - - - - -	14

b. Convecteurs	17
c. Aéroréchauffeurs	19

CHAPITRE III

3.1. Mise en marche de l'installation	21
3.2. Puissance des éléments de chauffe	21
3.3. Vérification de quelques caractéristiques données par le constructeur	22
3.4. Conclusion.	29

CHAPITRE IV

APPROCHE THÉORIQUE

4.1. Relations fondamentaux dans les calculs	30
4.2. Le coefficient d'échange global pour le convecteur	
4.3. Le coefficient d'échange global pour le semi-convecteur	40

CHAPITRE V

5.1. Théorie	44
5.2. But de T.P.	42
5.3. Manipulation	43
5.4. Remarques	46

CHAPITRE VI

- Conclusion	47
- Bibliographie	*

NOTATION

- Q : La puissance [kcal/h] .
 m : le débit [kg/h] .
 T_{∞} : température d'ambiance [$^{\circ}$ C].
 U : le coefficient d'échange global [kcal/hm²].
 h_e : le coefficient d'échange extérieur [kcal/hm²].
 h_i : le coefficient d'échange intérieur [kcal/hm²].
 Re : le nombre de Reynolds - adimensionnelle -
 Nu : le nombre de Nusselt . " .
 Gr : le nombre de Grashof . " .
 Pr : le nombre de Prandtl " .
 μ : la viscosité [m²/s] .
 β : le coefficient de dilatation [1/ $^{\circ}$ K] .

Tableau Des Figures

	Page
Fig 1 - 1	6
Fig 2 - 1	9
Fig 2 - 2	10
Fig 2 - 3	11
Fig 2 - 4	13
Fig 2 - 5	15
Fig 2 - 6	18
Fig 3-3.1	24
Fig 3.3.2	26
Fig 3.3.3	28

INTRODUCTION :

Parmis les facteurs qui influent négativement ou positivement sur l'activité de l'Homme, il y a le facteur de Température, l'élévation ou abaissement de la température, jusqu'à un degré insupportable pour l'activité humaine a créé chez l'Homme la volonté de contrôler la température par les moyens inventés par l'exploitation du progrès scientifique dans de nombreux domaines, thermodynamique, transfert de chaleur, Construction ... etc.

L'intérêt du chauffage réside dans le maintien d'une température qui résiste aux effets négatives du froid.

Parmis les modes de chauffage les plus importants nous avons le chauffage central.

Ce dernier comporte : une chaudière pour production de la chaleur, et des surfaces de chauffe comme radiateurs, convecteurs et aérothermes.

L'échange de chaleur entre les surfaces de chauffe et l'ambiance s'effectue par la convection naturelle. Le fonctionnement de l'installation de chauffage central dans notre étude s'effectue dans le laboratoire

Ce banc a été conçu avec des éléments utilisés couramment dans les installations réelles, et permet d'étudier notamment le coefficient d'échange de différents types d'éléments chauffants. Le chapitre I et II sont consacrés respectivement pour les généralités et les éléments de l'installation. Le chapitre III porte sur la mise en marche de l'installation. Le chapitre IV sera consacré à l'approche théorique de quelques surfaces de chauffe. Le chapitre V portera sur la méthodologie et l'élaboration d'un T.P à caractère pédagogique. Enfin le chapitre VI sera consacré à la conclusion.

CHAPITRE I

1.1- Choix du système de chauffage:

Le système de chauffage à adopter dépend de nombreux facteurs, parmi les plus importants on peut citer le type de bâtiment, la nature des locaux, le temps de chauffage, le prix de revient tant en installation qu'en exploitation etc. ---. Pour les grandes installations (Ecole, usine, bâtiment, --- etc) il est plus économique de choisir le chauffage central que le chauffage individuel.

Les différents procédés existant sont les suivants:

- eau chaude à température à 110°C .
- eau chaude à température supérieure à 110°C .
- Vapeur à pression supérieure à 9,5 bar.
- air chaud.

Le choix du système ne pourra se faire qu'après une étude et un bilan approfondi tenant compte à la fois du prix de l'installation et du coût d'exploitation.

1.2- CHOIX du combustible:

En chauffage central, il est possible de faire appel au charbon, au fuel-oil, au gaz et à l'électricité.

Le choix dépend du lieu géographique, du mode d'exploitation et du prix de revient. En ALgerie le combustible qui on peut utiliser est le gaz naturel car il est produit en grande quantité.

1.3- Avantages et inconvients du chauffage Central

Lorsque la chaleur nécessaire au chauffage de plusieurs pièces est produite en un seul endroit, et distribuée dans celles-ci par l'intermédiaire d'un véhicule de chaleur, on se trouve en présence d'un chauffage Central. Le chauffage à eau chaude, à vapeur, à air chaud.

Le chauffage le plus utilisé dans les immeubles est le chauffage à eau chaude à des températures de départ de la chaudière allant jus qu'à 90°C. Le chauffage central à plusieurs avantages, parmi lesquels on peut citer 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. Il est mieux surveillé et mieux conduit que plusieurs feux individuels. Les pièces d'habitation ne sont pas salies par la manutention du combustible et l'exploitation est facile.

ou n'a qu'une source de production de chaleur au lieu de plusieurs disposées un peu partout. aussi la sécurité contre l'incendie est meilleure: un seul feu dans un local indépendant, chaufferie, au lieu de plusieurs situés directement dans les locaux occupés.

Comme inconvénients on peut citer, le coût d'installation élevé par rapport au chauffage direct.

1.4- Description d'installation du chauffage central

L'ensemble est composé de cinq éléments assemblés entre eux, sur lesquels sont fixés les corps de chauffe - l'instrumentation de contrôle et les commandes suivants:

- une chaudière acier de 21 kW.
- un radiateur acier de 1760 kcal/h.
- un radiateur fonte aluminium de 1637 kcal/h.
- un radiateur fonte de 1721 kcal/h.
- un semi-convecteur de 1700 kcal/h.
- un convecteur de 1715 kcal/h.
- un aérotherme de 7800 W. (Aérotherme mural).

- un circulateur.
- une régulation composée d'une vanne 4 voies motorisée, d'une sonde et d'un potentiomètre, permettant de choisir une température d'entrée des corps de chauffe.

= Appareils de mesure et de contrôle :

- : un débitmètre à l'entrée de chaque élément chauffant.
- : une sonde à résistance de platine à l'entrée et à la sortie de chaque élément chauffant.
- : un thermomètre digital au $10^{\text{ème}}$ de degré avec un sélecteur de voies pour la lecture des températures aux différents points de mesure.
- : un compteur volumétrique de combustible.

Alimentation électrique : 220 V.

Hauteur : 2,15 m.

Poids : 700 kg.

Dimensions :

Longueur 4,40 m - Largeur 1 m - Hauteur 2,15 m.

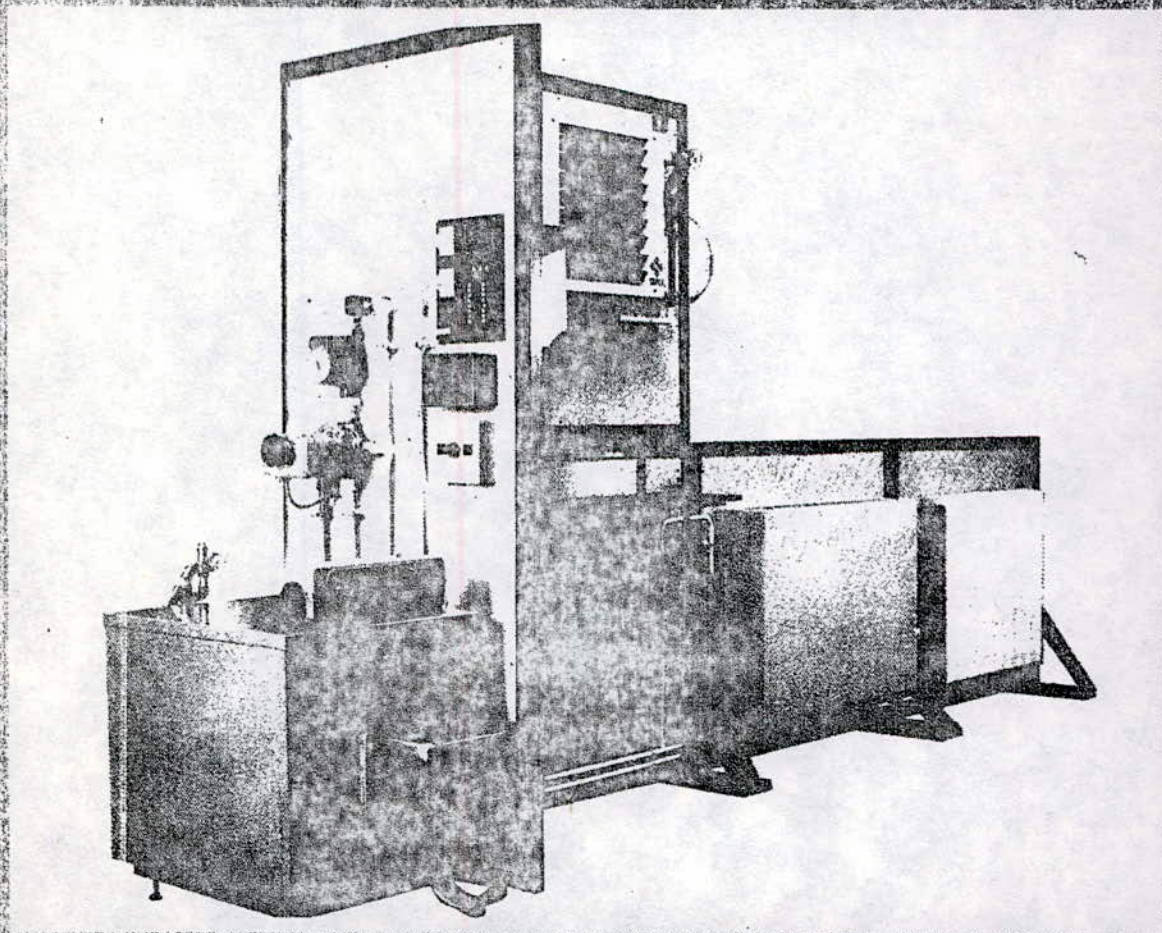
Expérience réalisable :

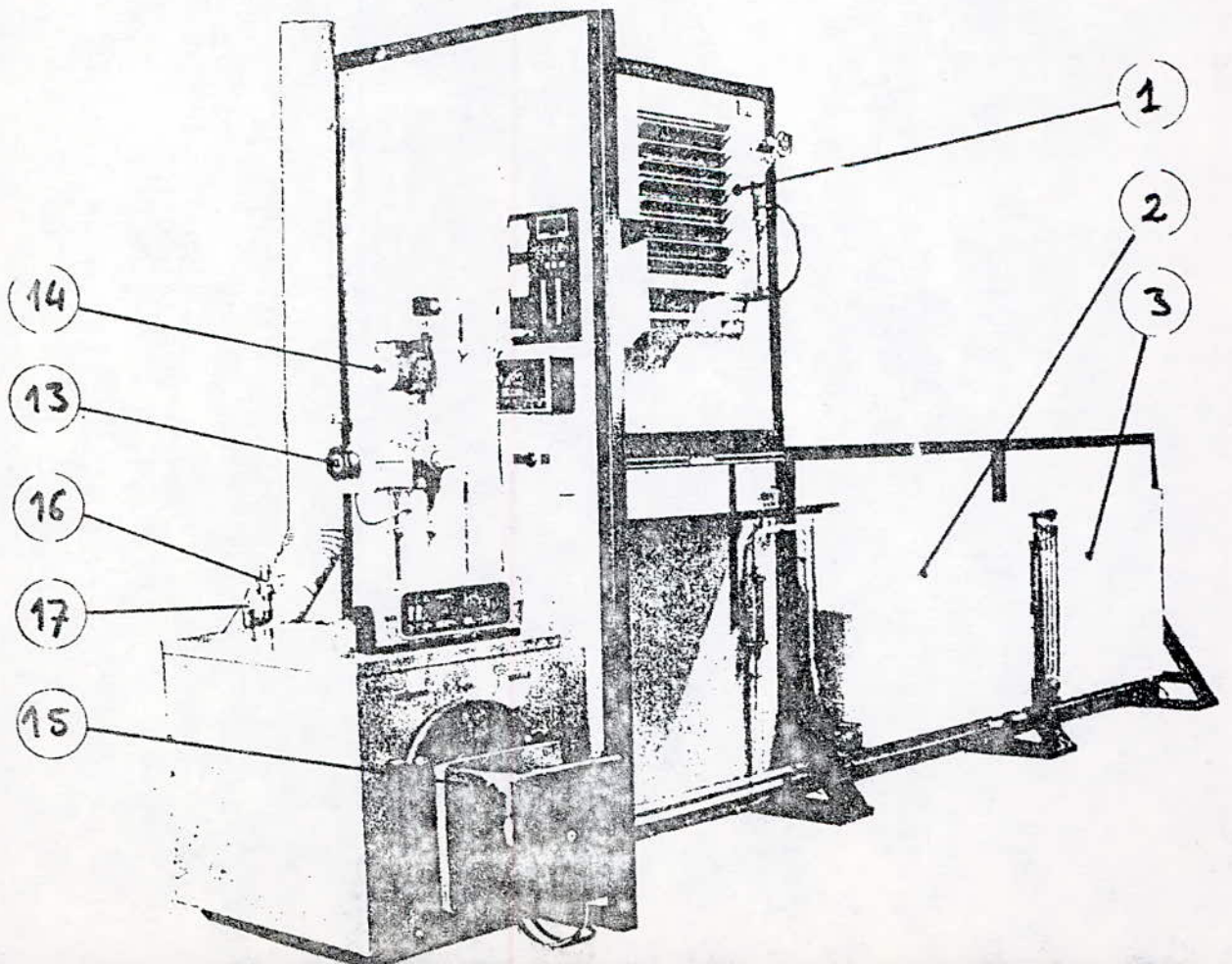
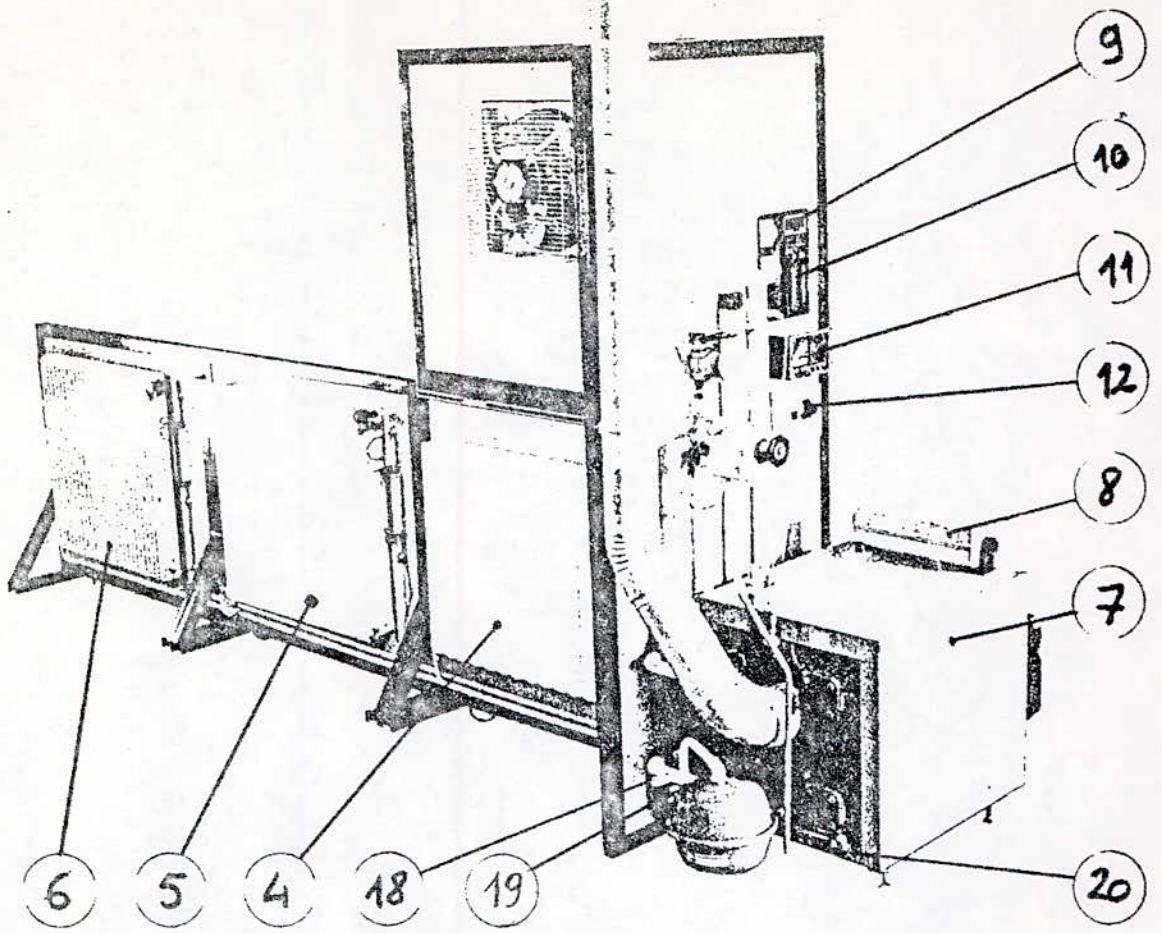
- Détermination du coefficient de transfert de chaleur, pour chaque corps de chauffe.

deltalab

ET
150

INSTALLATION POUR L'ETUDE DU CIRCUIT CENTRAL





DESIGNATION

- 1 : Aérotherme SOFICA 900 tr/mn, Type 44-6 - P = 8000 W.
 - 2 : Convecteur CHPPEE167 P/680 - P = 1700 K cal/h
 - 3 : Radiateur alliage d'Aluminium LYDIS 10-700/80 -
P ≈ 1700 K cal/h.
 - 4 : Radiateur fonte RAFAEL 15-3-76 - P ≈ 1700 K cal/h.
 - 5 : Semi-convecteur RHONELEC 13-80-116 - P ≈ 1700 K cal/h.
 - 6 : Radiateur acier LAMELLA 26-958 - P ≈ 1700 K cal/h.
 - 7 : Chaudière WIESSMAN, Type 13586-39, P = 21 K.W.
 - 8 : Boîtier de contrôle de la chaudière (Voir schéma, Page 6).
 - 9 : Thermomètre au 1/10ème de degré :
 - 10 : Sélecteur de Voies :
- θ_{11} : Température d'entrée Aérotherme rep. 1
- θ_{12} : Température de sortie Aérotherme rep. 1
- θ_9 : Température d'entrée Convecteur rep. 2.
- θ_{10} : Température de sortie Convecteur rep. 2
- θ_7 : Température d'entrée Radiateur rep. 3
- θ_8 : Température de sortie Radiateur rep. 3.
- θ_4 : Température d'entrée Radiateur rep. 4.
- θ_2 : Température de sortie Radiateur rep. 4.

- 02: Température d'entrée Semi-convecteur rep. 5.
- 04: Température de Sortie Semi-Convecteur rep. 5
- 05: Température d'entrée Radiateur rep. 6
- 06: Température de Sortie Radiateur rep. 6
- 11: Boitier de régulation.
- 12: Boitier (Voir schéma page 6) .
- 13: Vanne de mélange 4 voies .
- 14: Circulateur.
- 15: Brûleur fuel ou gaz .
- 16: Groupe décharge (taré à 3 b) avec manomètre.
- 17: Purgeur de chaudière .
- 18: Vanne d'alimentation en eau .
- 19: 2 robinets de vidange du circuit de chauffage .
- 20: Robinet de vidange de la chaudière .

CHAPITRE II

ELEMENTS PRINCIPAUX D'INSTALLATION

2.1. Régulation :

Une régulation composée d'une vanne 4 voies motorisée, d'une sonde, et d'un potentiomètre, permettant de choisir une température d'entrée des corps de chauffe.

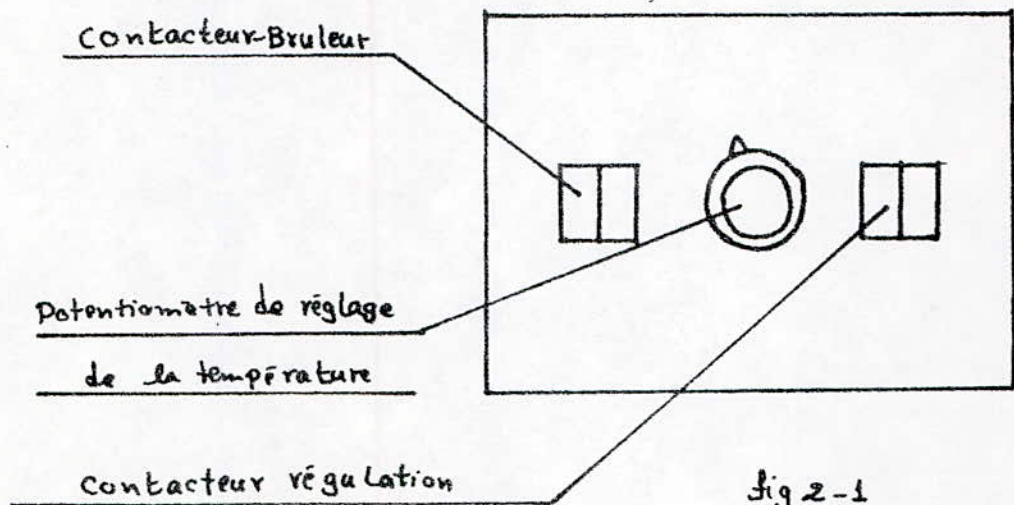


fig 2-1

Boitier de régulation.

— Sonde de température :

ELLE est basé sur un phénomène thermoélectrique comme les thermo-couples et à l'inverse des thermostats. Ces détecteurs ne comportent pas d'organes mécaniques, ce sont simplement des fils métalliques

bobinés (nickel ou platine) dont la résistance électrique R croit proportionnellement à leur température ($en^{\circ}C$).

$R = R_0 (1 + \alpha \theta)$ avec $\alpha = 0,0039$ pour la platine.
à l'aide d'une sonde on peut mesurer directement la température d'entrée et la température de sortie pour chaque surface de chauffe.

- Vanne à 4 voies motorisée :

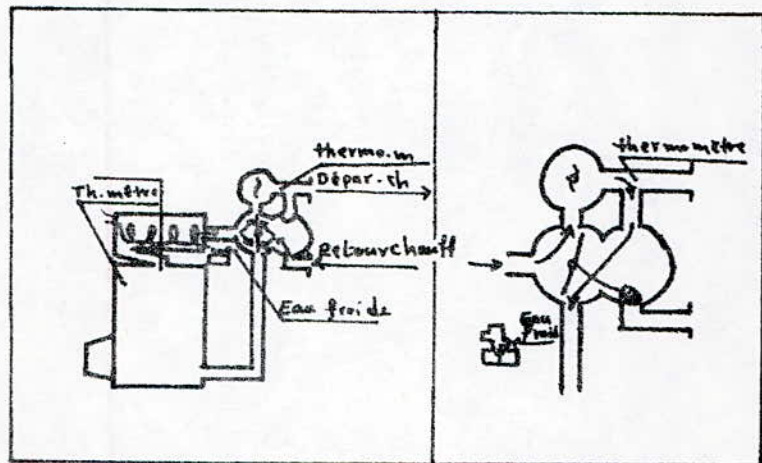


Schéma de principe de la vanne 4 voies

Fig 2 - 2

pour adapter la température de l'eau de chauffage aux variations atmosphériques on utilise le réglage par mélange. La vanne mélangeuse comme organe de régulation de la chaudière.

on emploie également pour l'isolement la chaudière

Eau chaude. La figure 2-3 montre une réalisation simple pour une petite installation.

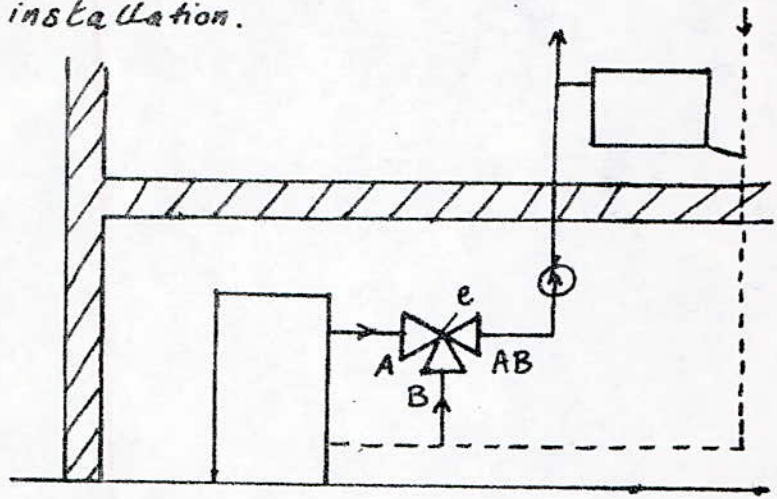


Fig 2-3

La position du boisseau dans le mélangeur "e" est asservie à la sonde du thermostat. Avec un débit constant dans l'installation de chauffage, l'ouverture de B augmente lorsque la valeur de consigne est dépassée, celle de A augmente lorsque cette valeur n'est pas atteinte. On maintient la même température dans la chaudière grâce au thermostat de chaudière. La température de l'eau à l'entrée dans la chaudière est identique à celle de l'eau de retour du circuit de chauffage.

Autrement dit son rôle est de permettre une

variation du débit de l'eau d'alimentation des éléments chauffants (donc leur température); tout en assurant un réchauffage des eaux de retour avant leur renvoi dans la chaudière.

2.2- Accélérateur:

Les accélérateurs conviennent pour des installations petites ou moyennes. C'est-à-dire ne nécessite qu'une pression relativement faible. Ils assurent une bonne circulation d'eau dans l'installation et fonctionne avec plusieurs vitesses.

2.3- La Chaudière:

Son rôle principal est la production de la chaleur, l'eau chaude s'écoule vers les surfaces de chauffe à travers la vanne de mélange. La chaudière se compose de deux parties:

- 1- Foyer, ou chambre de combustion, où brûle le combustible (gaz naturel).
- 2- Récepteur, contenant le fluide à chauffer qui est de l'eau.

Brûleur automatique:

Ce brûleur équipe la chaudière de chauffage central de puissance supérieure à 70 000 W environ. Il comporte une arrivée de gaz et une arrivée d'air soufflé par un ventilateur. Le mélange air-gaz se fait à la tête du brûleur grâce à une tête de combustion.

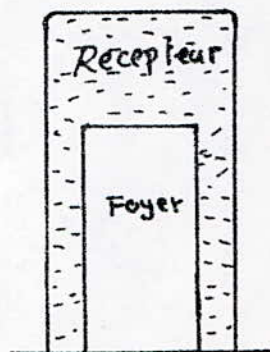


Fig 2-4.

Le Vase d'expansion:

Est le réservoir, son rôle est d'absorber l'augmentation du volume d'eau qui se produit lorsque le circuit de chauffage se dilate sous l'effet de la chaleur.

2.4- Surfaces de Chauffage:

Les corps de chauffe (radiateurs, convecteurs, aérothermes) chauffent les locaux surtout par convection. Elle sont destinées à transmettre la chaleur produite par les chaudières.

Les surfaces de chauffe sont munies d'ailettes

pour augmenter le transfert de chaleur. Les robinets qui équipent les surfaces chauffantes notamment radiateurs servent au réglage du débit et au sectionnement, à utiliser de modifier le débit en faisant tourner le volant, ce qui fait chauffer plus ou moins le radiateur, parfois il existe robinets thermostatiques ouvert et ferment automatiquement pour maintenir la température fixe.

Pour éviter l'accumulation de l'air dans l'installation, il faut disposer des purges car la présence de l'air dans les canalisations et les radiateurs provoque un ralentissement et la circulation d'eau chaude. Elle se manifeste par certains bruits d'écoulement et un refroidissement anormal de la partie supérieure du radiateur.

Les purgeurs de canalisation sont situés aux points hauts de l'installation.

a. Radiateurs:

Les corps de chauffe Les plus utilisés dans les chauffages à eau chaude et à vapeur sont les radiateurs - corps de chauffe à éléments - les éléments assemblant les uns aux autres en réduisant le nombre des modèles

d'éléments; de permettre
une fabrication en grande
série peu coûteuse.

Les radiateurs fonte conviennent
pour les chauffages à vapeur
et à eau chaude.

Les radiateurs acier ne
peuvent, par suite de
leur moindre résistance
à la corrosion, être employés
que pour les chauffages à eau chaude.

Un radiateur acier ne pèse que la moitié d'un radiateur
fonte de même puissance, mais sa capacité d'absorp-
tion calorifique est plus faible.

Les radiateurs acier résistent mieux à la gelée que
les radiateurs fonte. Leur durée de vie est moins grande.
Les purgeurs des radiateurs se trouve sur le côté en partie
haute.

PEINTURE: Les radiateurs à eau chaude, basse
pression, et à vapeur basse pression revêtus d'une première

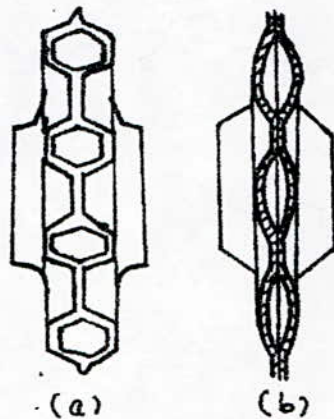


fig 5.

a - Radiateur en fonte.

b - Radiateur acier.

Couche de peinture anti-rouille. En ce qui concerne l'influence de la chaleur ou des peintures brillantes sur l'émission de chaleur par rayonnement d'une surface chauffante. Des essais ont montré que les coefficients de rayonnement des diverses peintures couramment employées pour les corps de chauffe sont pratiquement les mêmes, qu'ils sont indépendants de la chaleur. Les corps de chauffe sont souvent peints en aluminium mat. Le chiffre de rayonnement de ce revêtement est sensiblement moins élevé que celui des laques brillants, de ce fait, l'émission de chaleur du corps de chauffe peut diminuer 5 à 15%.

EMPLACEMENT DES RADIATEURS:

Dans le choix de l'emplacement des radiateurs, il faut veiller à ce que le nettoyage soit facile, que les mouvements de convection de l'air ne soient pas contrariés et qu'aucun obstacle ne s'oppose au rayonnement.

La partie inférieure du radiateur doit se trouver à 7 cm au moins au-dessus du sol, et l'écartement minimal entre mur et radiateur doit être de 4 cm.

Le meilleur dispositif consiste à poser les radiateurs sur consoles en les fixant au moyen de colliers. on choisit de poser les radiateurs contre les murs intérieurs pour diminuer le coût de l'installation.

HABILLAGE DE RADIATEURS:

Ces habillages sont à éviter le plus possible car ils présentent le très grand inconvénient de rendre très difficile le nettoyage du radiateur, du mur et du sol, de plus, tout habillage nuit à l'émission de chaleur du radiateur en ce sens que, d'une part il fait complètement obstacle à la transmission par rayonnement, d'autre part, il contrarie souvent la transmission par convection.

b. CONVECTEURS:

Les corps de chauffe sont fabriqués à partir de tubes en cuivre électrolytique (société CAAPPEE). ILS sont constitués par 2, 3 ou 4 tubes avec ailettes communes rectangulaires. Ils sont disposés dans l'épaisseur du mur dans les niches spécialement prévues ou en allège dans un habillage

métallique. Les convecteurs sont toujours équipés d'un volet de réglage. Les ailettes sont serties sur le tube par expansion mécanique et elles comportent un collet qui assure une absolue régularité du pas et un contact parfait avec le tube de cuivre. Sur le contacteur le purgeur est en bas sous le robinet, en général.

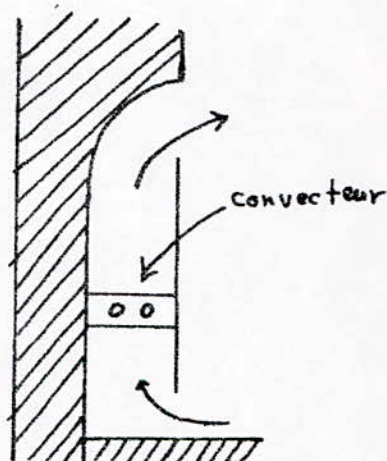


Fig 2-6.

L'air à réchauffer entre en bas et l'air chaud sort à la partie supérieure (en circulation naturelle).

Les convecteurs sont à conseiller seulement avec des fluides relativement chauds vapeur ou eau chaude au minimum à 60°C . pour des températures inférieures,

L'efficacité chute dans de grandes proportions.

C-AÉROTHERMES:

L'aérotherme comporte une batterie et un ventilateur hélicoïde et des volets réglables qui dirigent l'air vers l'endroit désiré.

La batterie de chauffage alimentée en eau chaude ou en vapeur. L'ensemble étant monté dans un caisson tôle plus ou moins important suivant le type d'appareil, on distingue en effet,

Les aérothermes suspendus.

Les aérothermes muraux.

La puissance de l'appareil dépend des conditions de l'installation, suivant que l'appareil prendra ou non de l'air extérieur, on choisira un type d'aérotherme adapté à la puissance à fournir.

Le nombre et la position des aérothermes sont choisies en fonction des données du constructeur.

Leur position en hauteur doit être telle qu'on ne ressente aucun mouvement d'air à 2,50m du sol.

L'aérotherme mural soufflé l'air horizont-

alement et comporte, souvent, en plus de la batterie et du ventilateur un caisson de mélange permettant de prendre l'air à l'intérieur ou à l'extérieur. Le mélange s'opère, manuellement ou automatiquement, grâce à un registre réglable. Les appareils muraux soufflent généralement l'air à plus grande vitesse que les appareils suspendus, ils permettent donc d'assurer une diffusion plus efficace de l'air.

D'une façon générale les aérothermes sont à soufflage horizontal pour éviter de surchauffer la partie supérieure du local (l'air chaud a tendance à monter) on a intérêt à souffler le plus bas possible.

CHAPITRE III

ESSAIS

3.1. MISE EN MARCHÉ DE L'INSTALLATION:

L'eau de chauffage est mise en circulation par l'accélérateur. Après avoir traversé la chaudière, elle passe dans le ballon échangeur puis se mélange à l'eau de retour du chauffage dans la vanne mélangeuse. L'accélérateur propulse alors ce mélange vers le chauffage. Elle tourne en permanence sauf si un thermostat d'ambiance en commande l'arrêt en régulation.

L'eau de chauffage tourne alors en circuit fermé chaudière - échangeur - vanne - accélérateur - vanne - retour chaudière.

3.2. Puissance des éléments de chauffe :

La puissance de chaque éléments de chauffe est fonction du débit d'eau de circulation, et des températures entrée, sortie de ce dernier.

Le bilan thermique dans chaque éléments de chauffe nous permet d'écrire :

$$Q = m \cdot c_p (t_e - t_s) \\ = k \cdot A \cdot \Delta t_m$$

avec:

m : débit de l'eau en kg/h.

c_p : chaleur spécifique de l'eau en $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$.

t_e : température d'entrée en $^\circ\text{C}$.

t_s : température de sortie en $^\circ\text{C}$.

k : Le coefficient global d'échange de chaleur.

A : La surface d'échange totale.

$$\Delta t_m = t_m - t_a = \frac{t_e + t_s}{2} - t_a$$

t_a : La température d'ambiante.

3.3- vérification de quelques caractéristiques données par le constructeur:

pour chaque appareil - j'ai pris plusieurs de température d'entrée et température de sortie pour différent débit. Après cela nous avons fait la comparaison entre les valeurs expérimentaux et les valeurs données par le constructeur.

3.3.3 - RADIATEUR en alliage d'aluminium :

La surface extérieure d'échange total :

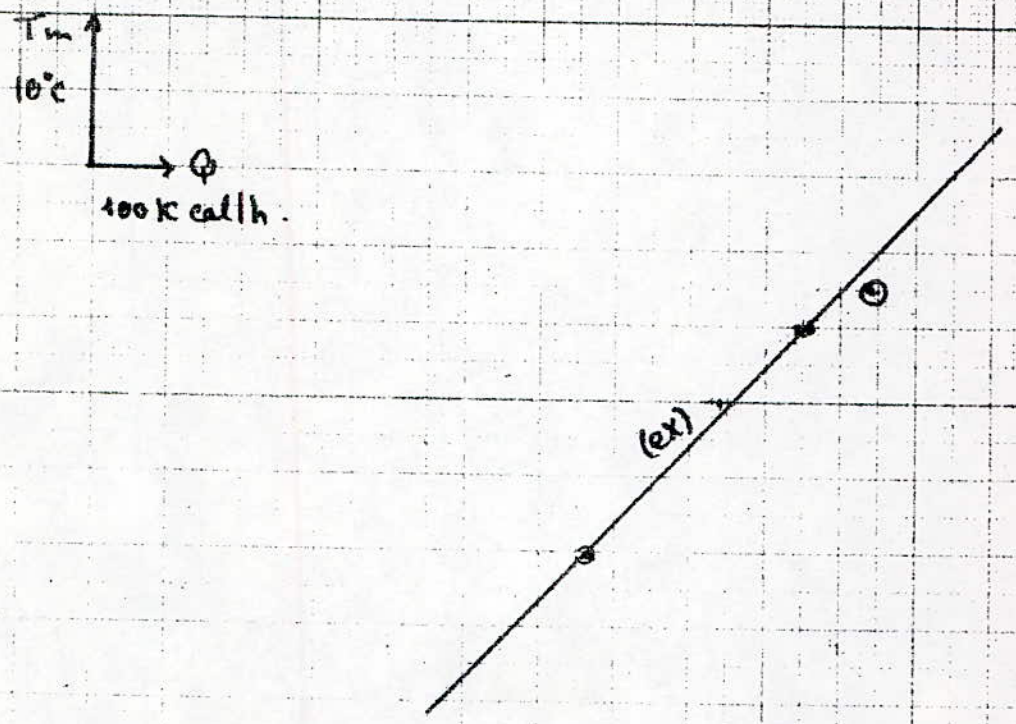
$$S_T = 5,1282 \text{ m}^2 \quad \text{mesuré.}$$

T_m °C	\dot{m} kg/h	Q_{ex} Kcal/h	Q_c Kcal/h	K_{ex}	K_c
65	60	1260,138	—	6,60	—
75	60	1434	—	5,08	—
80	60	1559	1538	5,07	5

Tableau : 3.3.2

Comparaison de la puissance et du coefficient de conduction global avec ceux de la Constructeur.

T_m



(e): un point par le constructeur
(ex): expérimentale.

Fig: 3.33
La puissance de Radiateur "LYDIS"
en fonction de sa température moyenne.

3.3.2 Convecteur: CHAPEÉ :

surface d'échange extérieure :

surface d'échange sans ailettes = 0,2466 m².

surface des ailettes = 2,95 m².

surface extérieur d'échange totale = 3,1978 m².

T _m °C	m K/h	Q _{ex} Kcal/h	Q _c Kcal/h	k _{ex}	k _c
62	60	900,05	1192	6,96	8,9
66	60	1200	1341	8,18	9,13
70	60	1202,07	1495	6,99	9,37
74	90	1440	1652	8,36	9,59
78			1813		9,80
80			1894		9,90
82			1977		9,99
86			2144		10,18
90			2315		10,37
94			2488		10,54

(c): constructeur

(ex): expérimentale

t_∞ = 20°C.

Tableau : 3.3.2

Comparaison de la puissance et du coefficient de conduction global avec ceux de la constructeur.

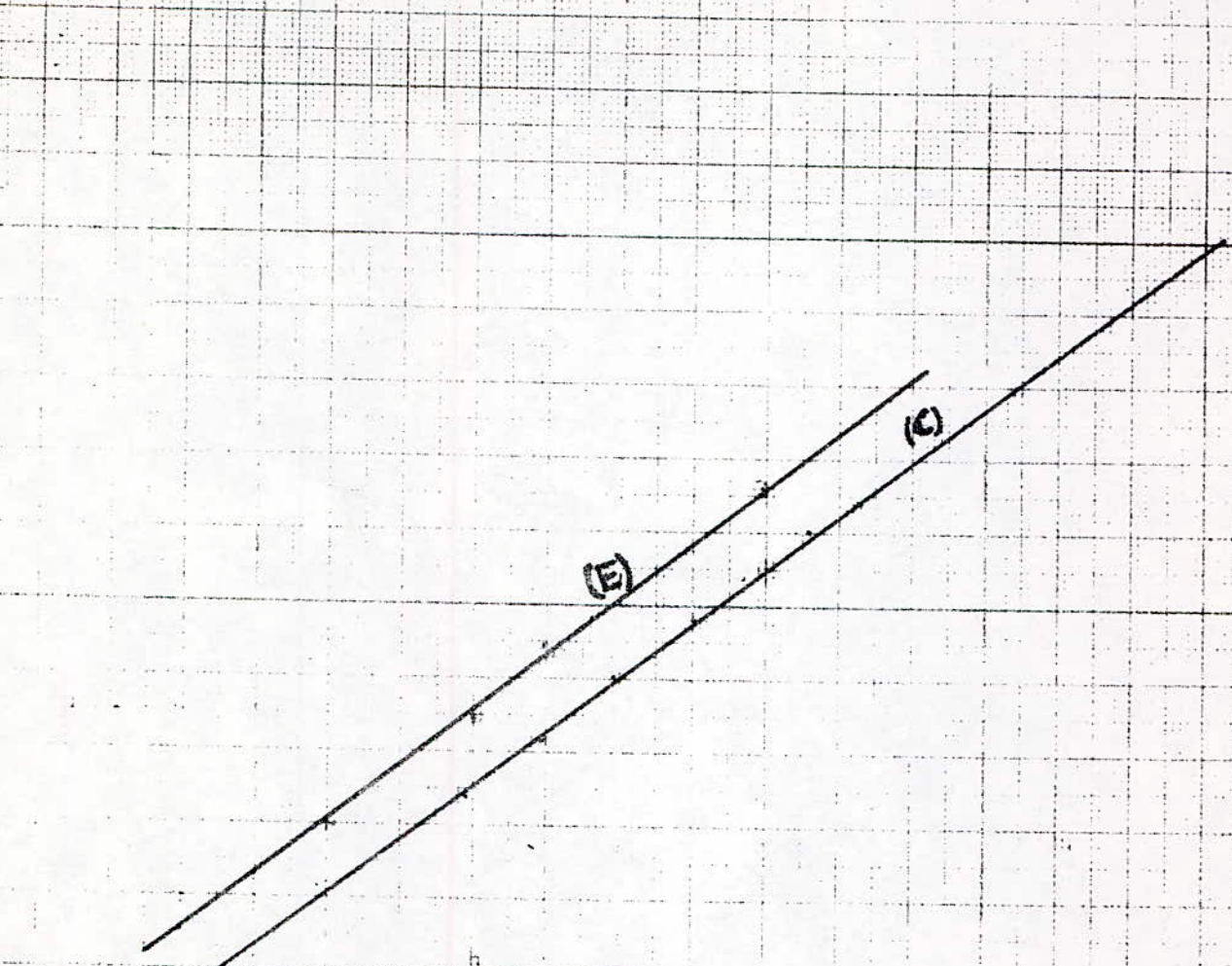
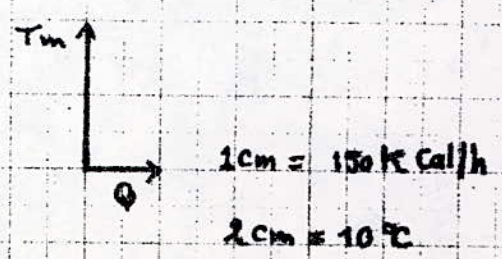


Fig: 3.3.2
 La puissance du convecteur en fonction de sa température moyenne.
 (C): par le constructeur.
 (E): expérimentale



3.3-1: **Aérotherm**: SOFICA TYPE 41-6 . 900 tr/mn.

Surface d'échange extérieur :

$$S_T = S \text{ sans ailettes} + S_{\text{ailettes}}$$

$$\text{Surface sans ailettes} = 0,20832 \text{ m}^2 .$$

$$\text{Surface des ailettes} = 5,71 \text{ m}^2 .$$

$$S_T = 5,92 \text{ m}^2 \quad t_{\infty} = 20^{\circ}\text{C}$$

T_m °C	m^3 kg/h	Q_{ex} Kcal/h	Q_c Kcal/h	K_{ex}	$K^{\circ}\text{C}$
40	180	3414,11	3700	28,83	31,25
70	360	6486,80	6900	21,91	23,31
80	520	8338,05	9100	23,47	25,62

Tableau : 33-1 :

C: Constructeur .

ex: expérimentale .

Comparaison de la puissance et du coefficient de conduction globale avec ceux de la constructeur .

$T_m [^{\circ}C]$

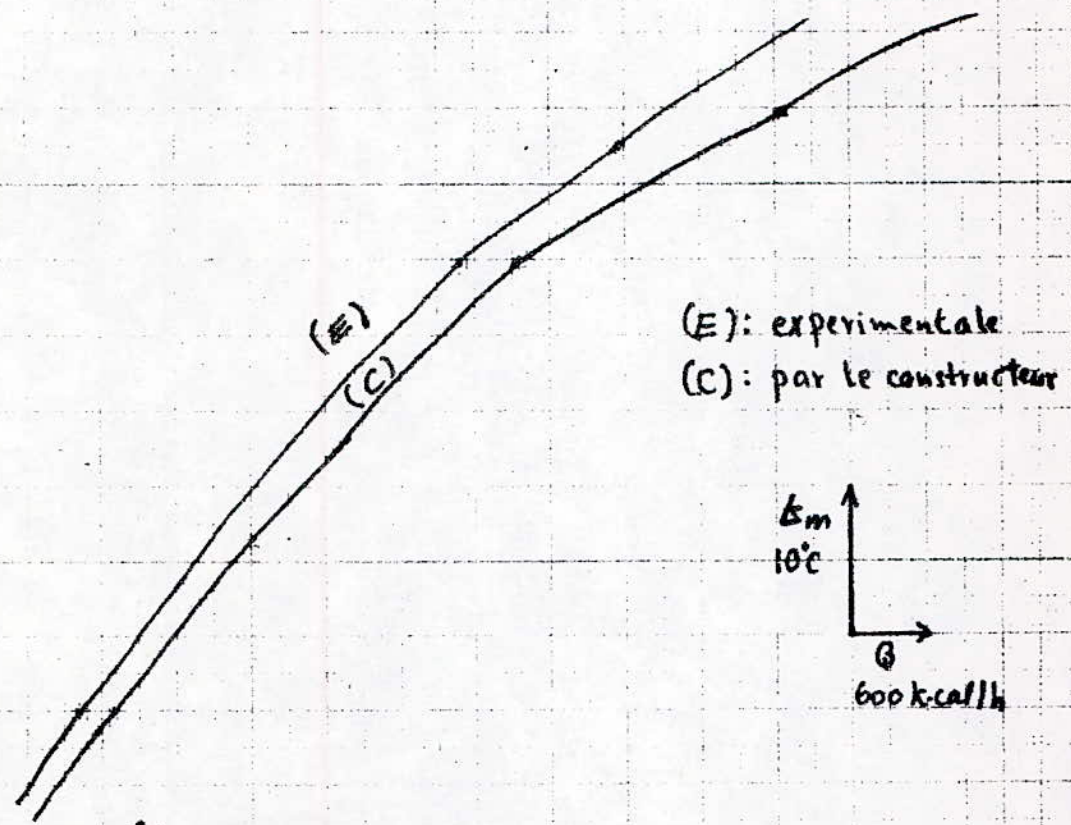


fig: 3.3.1
puissance de l'Aérotherme en fonction
de sa température moyenne.

Q en kcal/h

3.4- Conclusion:

D'après les tableaux 3.3.1 à 3.3.3 et les figures 3.3.1 à 3.3.3 les résultats expérimentaux sont assez proches de celle du constructeur.

CHAPITRE IV

Approche théorique :

4.1- Relations fondamentaux dans les calculs pour déterminer le coefficient global d'échange de chaleur :

La puissance de charge surface de chauffe est donnée par la relation suivantes :

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta t_m$$

U = Coefficient d'échange global

A = surface extérieur d'échange.

Δt_m = différence de température moyenne logarithmique .

Dans les surfaces de chauffe on peut approximer la différence de température moyenne logarithmique par la relation suivante :

$$\Delta t_m = \frac{t_e + t_s}{2} - T_a$$

T_a = température ambiante .

T_e = température entrée .

T_s = température sortie .

et puis on peut écrire la relation qui donne le coefficient global comme suit :

$$u = \frac{1}{\frac{1}{\eta_{t_0} \cdot h_0} + R_{R_{\text{mur}}} + \frac{A_0}{\eta_{t_i} \cdot A_i \cdot h_i}}$$

où :

$R_{R_{\text{mur}}}$ = résistance thermique du mur pourvu d'ailettes en $K \cdot \text{cal} / h \cdot m^2 \cdot ^\circ C$ de surface extérieur.

A_0 = aire de la surface totale extérieur en m^2 .

A_i = aire de la surface totale intérieur en m^2 .

η_{t_0} = efficacité totale pour la surface extérieur.

η_{t_i} = efficacité totale pour la surface intérieur.

h_0 = unité de conductance moyenne pour la surface extérieur en $K \cdot \text{cal} / h \cdot m^2 \cdot ^\circ C$.

h_i = unité de conductance moyenne pour la surface intérieure en $K \cdot \text{cal} / h \cdot m^2 \cdot ^\circ C$.

Les plus important revient donc à calculer les coefficients de convection intérieure et extérieur $[h_i, h_e]$.

4.2- U pour le convecteur :

Surface d'échange sans ailettes = $0,2466 m^2$.

Surface des ailettes = $2,95 m^2$.

Surface extérieure d'échange totale avec les ailettes = $3,1978 m^2$.

Pour calculer le coefficient d'échange par convection (h_e)

IL faut calculer le nombre de Nusselt à la convection naturelle : $Nu = \frac{h_c \cdot L}{k_f}$

d'où
 h_c : coefficient d'échange de chaleur par convection.

L : la longueur caractéristique

k_f : la conductivité thermique du fluide. $k \text{ cal/hm}^\circ\text{C}$.

d'abord on calcul le nombre Grashof.

Le nombre sans dimensions $\rho^2 g \beta (T - T_\infty) L^3 / \mu^2$ est appelé nombre de Grashof Gr , et il représente le rapport de la force ascensionnelle à la force de viscosité.

Les unités logiques sont :

ρ : kg/m^3 L m

μ : kg/m.s $(T - T_\infty)^\circ\text{C}$

β : $1/\text{degré absolu}$ g m/s^2

et pour tuyaux horizontaux en convection naturel on applique la formule :

$$\overline{Nu_D} = 0,53 (Gr_D \cdot Pr)^{0,25}$$

d'où Gr : nombre Grashof.

Pr : nombre Prandtl.

Lorsque la température de surface n'est pas connue on trouve la valeur de la moyenne arithmétique de la température.

$$T_s = 80^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{2}(T_{\text{aller}} + T_{\text{retour}}) = 90 + 70 = 80^\circ\text{C}$$

$$T_\infty = 20^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow t_m = \frac{80 + 20}{2} = 50^\circ\text{C}$$

on trouve par l'interpolation à partir du tableau

(KREITH) le nombre Gr:

$$Gr = 9,93 \cdot 10^7 \cdot (0,02)^3 \cdot (80 - 20) = 47690 = 4,77 \cdot 10^4$$

Comme le nombre de Grashof est inférieur à 10^9 ,

l'écoulement est laminaire, pour l'air à 50°C .

Le nombre de Prandtl est 0,698

$$Nu_D = 0,53 (Gr_D \cdot Pr)^{0,25}$$

Pour cylindre horizontal

$$Nu_D = 0,53 (4,77 \cdot 10^4 \cdot 0,698)^{0,25} = 7,152$$

$$Nu = \frac{h_e \cdot D}{\lambda} \Rightarrow h_e = \frac{Nu \cdot \lambda}{D}$$

$$\lambda = 0,026 \text{ kcal/h.m}^\circ\text{C}$$

$$D = 0,02 \text{ m}$$

$$h_e = 9,306 \text{ K.cal/h.m}^2\text{C}$$

Pour vérification on a :

$$Nu_f = 0,47 \cdot Gr_f^{0,25}$$

$$= 0,47 (47690)^{0,25} = 6,95$$

$$\text{et } h_e = 8,68 \text{ kcal/h.m}^2\text{C}$$

CALCUL le coefficient d'échange à l'extérieur par convection (h_i):
La nature d'écoulement.

Pour caractériser la nature d'écoulement de l'eau dans le convecteur il faut déterminer le nombre de Reynolds (Re)

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

où :

V : la vitesse d'écoulement [m/s]

D : diamètre du tube = 20 mm.

ν : la viscosité cinématique [m^2/s]

$$m^3 = V \cdot S$$

d'où m le débit en kg/h .

S : section de tube en m^2 .

$$S = 3 \cdot \frac{\pi}{4} D^2 = 3 \cdot \frac{\pi}{4} (0.02)^2 m^2$$

$$m = 60 \frac{kg}{h} = \frac{0.06 m^3}{3600 s}$$

$$V = \frac{m}{S} = 3 \cdot \frac{0.06}{3600} \cdot \frac{4}{\pi (0.02)^2} m/s$$

$$V = 0.0176 m/s$$

$$\nu = 0.372 \cdot 10^{-6} m^2/s$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{0.035 \times 0.02}{0.372 \cdot 10^{-6}} = 968,98$$

donc l'écoulement est laminaire.

calcul le nombre de Nusselt (la convection forcée) :

d'après "KREITH" on a:

$$Nu = 1,86 \left(Re_D \cdot Pr \cdot \frac{D}{L} \right)^{0,83} \cdot \left(\frac{\mu_b}{\mu_s} \right)^{0,14}$$

d'où :

Nu : nombre de Nusselt.

Pr_{tot} : nombre de Prandtl = 2,21.

Re : nombre de Reynolds = 968,98

μ_b : la température moyenne de passage du fluide.

μ_s : la température superficielle constante.

véritablement T_s pas constante mais on propose
elle est constante pour approximation.

D : diamètre du tube = 0,02 m.

L : Longueur du tube = 0,685 m.

$$Nu = 1,86 \left[968,98 \times 2,21 \times \frac{0,02}{0,685} \right]^{0,25} \left(\frac{0,355}{0,549} \right)^{0,14}$$

$$Nu = 6,850.$$

$$Nu = \frac{h_i \cdot D}{\lambda} \Rightarrow h_i = \frac{Nu \cdot \lambda}{D}$$

$$\lambda = 0,575 \text{ kcal/h m}^\circ\text{C}$$

$$D = 0,02 \text{ m}$$

$$h_i = 196,94 \text{ kcal/h m}^\circ\text{C}.$$

Le coefficient d'échange global U:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\eta_{t_o} h_e} + R_{k \text{ mur}} + \frac{A_o}{\eta_{t_i} \cdot A_i \cdot h_i}}$$

$$R_{k \text{ mur}} = \frac{e}{k} = \frac{0,002}{38} = 5,26 \cdot 10^{-5}$$

$$A_o = 3,19 \text{ m}^2$$

$$A_i = \pi \cdot D_i \cdot l = 0,258 \text{ m}^2$$

$$h_e = 9,306 \text{ kcal/h.m}^2\text{°C}$$

$$h_i = 196,94 \text{ kcal/h.m}^2\text{°C}$$

$\eta_{t_i} = 1$ pour des tubes à ailettes à l'extérieur seulement.

$$\eta_{t_o} = 0,81$$

$$A \cdot \eta_t = A - A_f (1 - \eta_f)$$

η_t : l'efficacité totale d'une surface à ailettes.

A = surface totale de transmission de chaleur = $3,19 \text{ m}^2$

A_f = surface de transmission de chaleur des ailettes = $2,95 \text{ m}^2$

$$A \eta_t = 2,6 \Rightarrow \eta_t = 0,81$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{0,81 \times 9,306} + 5,26 \cdot 10^{-5} + \frac{3,19}{1 \times 0,258 \times 196,94}} = 5,14 \text{ kcal/h.m}^2\text{°C}$$

Semi convecteur:

$$\text{Surface sans ailettes} = 2,5 \text{ m}^2.$$

$$\text{Surface des ailettes} = 0,968 \text{ m}^2.$$

$$\text{surface totale} = 3,51 \text{ m}^2.$$

pour calculer le coefficient d'échange global, il faut calculer h_e et h_i :

Le coefficient d'échange extérieur h_e (paroi-ambiant): nous avons pour des cylindres verticaux à la convection naturelle :

$$Nu = 0,555 (Gr \cdot Pr)^{0,25}$$

on peut estimer le nombre de Grashof par l'interpolation à partir du tableau (KRETH).

$$Gr = \frac{g \beta^2 \Delta T \cdot L^3}{\mu^2} = 2,5 \cdot 10^9$$

$$\text{avec } L = 0,75 \text{ m.}$$

$$\Delta T = 80 - 20 = 60^\circ \text{C.}$$

$$\frac{g \beta^2}{\mu^2} = 9,87 \cdot 10^7$$

$$\text{alors } Nu = 0,555 (2,5 \cdot 10^9 \cdot 0,698)^{0,25}$$

$$Nu = 113,60$$

$$h_e = 5,63 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C.}$$

Le coefficient d'échange à l'intérieur d'un tube avec la convection forcée h_i :

La nature d'écoulement : est déterminé par le nombre de Reynolds " Re " = $\frac{v \cdot D}{\nu}$

$$m = v \cdot S$$

$$v = m / S$$

$$m = \frac{0,06 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}} = 1,66 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S = 14 \cdot \pi \left(\frac{0,03}{4} \right)^2 = 7,068 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v = 0,023 \text{ m/s}$$

$$Re = 1937,96$$

donc l'écoulement est laminaire, avec la convection forcée, nous avons :

$$Nu = 1,86 (Re_D \cdot Pr \cdot D/L)^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu_b}{\mu_s} \right)^{0,14}$$

$$Nu = 1,86 \left(1937,96 \times 0,968 \times \frac{0,015}{0,75} \right)^{0,33} \cdot 0,94$$

$$Nu = 9,53$$

$$Nu = \frac{h_i \cdot D}{\lambda}$$

$$\Rightarrow h_i = \frac{Nu \cdot \lambda}{D}$$

$$h_i = 181,07 \text{ kcal/h m}^2\text{°C}$$

Le coefficient d'échange global U :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\eta_{t_o} \cdot h_e} + R_{k_{moy}} + \frac{A_o}{\eta_{t_i} \cdot A_i \cdot h_i}}$$

$$A_o = 3,51 \text{ m}^2$$

$$A_i = \pi \cdot D_i \cdot l = 0,857 \text{ m}^2$$

$$h_e = 5,63 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}$$

$$h_i = 7,306 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}$$

$\eta_{t_i} = 1$ pour des tubes à ailettes à l'extérieur seulement.

$$\eta_{t_o} = 0,91$$

$$A \cdot \eta_t = A - A_f (1 - \eta_f)$$

η_t : l'efficacité totale d'une surface à ailettes

A = surface totale de transmission de chaleur = $3,51 \text{ m}^2$.

A_f = surface de transmission de chaleur

des ailettes = $0,968 \text{ m}^2$.

$$A \eta_t = 3,459 \quad \Rightarrow \quad \eta_t = 0,89$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{0,89 \times 5,63} + \frac{3,51}{0,857 \times 181,07}} = 5,55 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}$$

la comparaison entre le coefficient d'échange globale pour le convecteur et le semi-convecteur montre que U pour le semi convecteur est supérieure que U de convecteur, cela indique que le semi-convecteur est plus efficace de convecteur.

CHAPITRE V

- En ce chapitre nous avons à proposer U.T.P d'aspect pédagogique pour la graduation annuelle

5.1 - Théorie :

Les corps de chauffe (Radiateurs, convecteurs, aérothermes) sont appareils destinés à transmettre dans des locaux la chaleur produite par les chaudières.

La transmission de chaleur par convection se présente chaque fois qu'un corps se trouve placé dans un fluide à une température inférieure ou supérieure à celle du corps.

Par suite de la différence de température, la chaleur s'écoule entre le fluide et le corps et provoque une variation de densité des couches fluides au voisinage de la surface. La différence de densité crée un écoulement descendant pour le fluide le plus lourd et un écoulement ascendant pour le fluide le plus léger.

Si le mouvement du fluide est dû uniquement aux différences de densité résultant des gradients de température, sans l'aide d'une pompe ou d'un ventilateur, le mécanisme de transmission de chaleur qui lui

est associé est appelé convection naturel ou libre
 Les résultats expérimentaux concernant la transmission de chaleur par convection naturelle, peuvent être traduits par une équation de la forme.

$$Nu = \phi(Gr) \cdot \psi(Pr)$$

où ϕ et ψ sont des fonctions.

Nu : Le nombre de Nusselt. $= h_c \cdot D / k$.

Pr : le nombre de Prandtl. $= c_p \cdot \mu / k$.

Gr : le nombre de Grashof.

la transmission de la chaleur naturel dépend de Gr et Pr , la convection naturelle est responsable des pertes de chaleur dans les tuyaux transportant de fluide chauffé. Dans l'intérieure d'un tube la convection est forcée, lorsque l'écoulement est laminaire ($Re_p < 2300$)

l'équation caractéristique de vient :

$$Nu_f = 0,15 \cdot Re_f^{0,33} \cdot Pr_f^{0,43} \cdot Gr_f \cdot \left(\frac{Pr_f}{Pr_p} \right)^{0,25} \cdot \bar{\epsilon}_l$$

où $\bar{\epsilon}_l$ est la correction pour une longueur telle que $l/d < 50$.

52 But de T.P: calcul le coefficient global d'échange de chaleur d'un certain appareil, ainsi que

La puissance des éléments de chauffe en fonction de la température d'entrée.

5.3-Manipulation:

5.3.1- REMPLISSAGE:

- A : S'assurer que tous les raccords sont serrés .
- B : Sur le boîtier (12) : enclencher le contacteur "Régulation", et tourner le potentiomètre de température, de façon à obtenir la valeur correspondant à la température extérieure de 0°. La vanne de mélange se ferme.
- C : Effectuer les branchements d'arrivée d'eau (Vanne 18) et de Vidange (Vannes 19 et 20). Brancher le groupe de décharge (16) sur le circuit d'évacuation d'eau. Fermer les Vannes de Vidange.
- D : Ouvrir les robinets des radiateurs (sens anti-horaire). Ouvrir la purge de la chaudière (17). Remplir la chaudière, puis fermer le purgeur et la vanne (18).
- E : Tourner le potentiomètre de réglage de température extérieur à fond, dans le sens horaire. Ouvrir les purgeurs et semi-Convecteurs. Retirer les capuchons des deux purgeurs automatiques.

- F : Ouvrir l'arrivée d'eau (18). Fermer les purgeurs au Fur et à mesure du remplissage. Ne pas dépasser 2 bars.
- G : Une fois le circuit rempli, ramener la pression à 0.7 bar, en vidangeant la quantité de eau nécessaire.

5.3.2- MISE EN ROUTE CIRCULATEUR ET DE LA CHAUDIERE:

- a) Effectuer les branchements d'alimentation et de retour du fuel.
- b) Sur le boîtier (12), enclencher les contacteurs "Brûleur" et " Accélérateur". Tourner le potentiomètre à fond, dans le sens anti-horaire, afin de faire monter la chaudière en température sans chauffer les radiateurs.
- c) Sur le boîtier de contrôle de la chaudière(8) :
- . Afficher la température de chaudière choisie,
 - . Enclencher les deux contacteurs " MARCHÉ/ARRET" et "ETE / HIVER". Le circulateur et le brûleur démarrent.

5.3.3- UTILISATION DE LA REGULATION:

IL est plus rapide de faire des mesures en température croissante.

- a) La chaudière a été mise en route, suivant les instructions précédentes, la vanne de mélange (13) étant fermée

(index à gauche). Attendre que la température de la chaudière atteigne 70°C .

- b) Ouvrir tous les robinets des radiateurs à fond, et mettre le ventilateur de l'aérotherme en route. Afficher la température d'entrée de l'aérotherme θ_1 sur le thermomètre (9), en positionnant le sélecteur de voies (10) sur le N° 12. La température θ_1 servira de repère pour choisir la température d'entrée de tous les radiateurs. θ_1 et alors à son niveau minimum.
- c) A l'aide du potentiomètre (12), augmenter la température d'environ 10°C . Attendre quelques minutes l'équilibre thermique de l'installation. Faire la correction nécessaire en plus ou en moins avec le potentiomètre. Attendre de nouveau l'équilibre thermique. Effectuer les mesures.
- d) Recommencer les réglages précédents pour une nouvelle série de mesures.

5.3.4 ARRET DE L'INSTALLATION:

on peut arrêter à tout moment, en déclenchant les quatre contacteurs des boîtiers (12) et (8).

Remarques :

- un contacteur situé sur le circulateur permet de choisir trois vitesses différentes.
- on peut faire fonctionner le circulateur seul, en mettant le brûleur en dérangement. IL suffit d'empêcher le gaz d'arriver au brûleur.
- Remise en route du brûleur en dérangement : Remédier d'abord à la cause de panne (manque de fuel, etc...). Attendre l'extinction de voyant " Derangement bruleur" (Situé sur le boitier 8) et du bouton " RESET" (situé à gauche sur la face avant de brûleur). Appuyer sur le bouton RESET, le brûleur redémarre.
- pour la description de l'installation voir les photos et la désignation dans ce mémoire.

CONCLUSION:

Les résultats expérimentaux obtenus démontrent que les caractéristiques données par le constructeur sont assez satisfaisants.

L'approche théorique pour quelques appareils de chauffe nous donne une bonne représentation du comportement expérimentale.

Au cours des essais sur l'installation de chauffage central, nous avons trouvé que la régulation automatique était défectueuse, ce qui nous a conduit à utiliser le système de régulation manuel.

La suite de notre travail peut constituer un projet de fin d'étude sur la partie chaudière. (tirage de la cheminée, rendement de combustion, contrôle de la combustion par l'analyse des gaz de fumée, etc.--).

BIBLIOGRAPHIE

1. ... D. COUILLARD

CHAUFFAGE , VENTILATION ,

Climatisation

Eyrolles - Paris - 1984

2. ... W. H. Mc ADAMS .

TRANSMISSION DE LA CHALEUR

Dunod - Paris 1964

3. ... KREITH

LE TRANSFERT DE CHALEUR

4. ... BORIS SFOYANON

COURS DE THERMIQUE

E. N. P - Alger - 1979

5. ... H. RIETSCHEL W. RAISS

TRAITÉ DE CHAUFFAGE ET DE CLIMATISATION

Tome I et Tome II

Dunod - Paris - 1974 .

6. ... DUCOMENTS DU Société CHAPEÉ -

- 1972 .

