



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE

Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du Diplôme de Master en
Installations Energétiques et Turbomachines
Génie mécanique

Thème
Etude d'un chauffage central à eau chaude

Proposé et encadré par :
Dr. Bensedira Sidali

Réalisé par :
Chetoui Mohamed
Djezzar Abdelhakim

ملخص

من أجل الحصول على الراحة في بيتنا ورفاهية جسم الإنسان خلال فترة الشتاء، أصبحت التدفئة المركزية بالماء الساخن ضرورية، خاصة مع إشارات تغير المناخ في الآونة الأخيرة. في هذا السياق، تم إجراء دراسة لشبكة تسخين الماء الساخن لتدفئة منزلنا. تقع الموارد المؤسسية التي تمت دراستها في منطقة تيبازة الشنوة على وجه الدقة. تم اعتماد الحساب الحراري للمعطيات المختلفة، مما جعل من الممكن تحقيق أهداف هذه الدراسة. الكلمة الرئيسية : الراحة الحرارية، المرجل، المبرد، الأنابيب.

Résumé :

Afin d'obtenir le confort dans notre habitat et le bien-être du corps humain durant la période hivernale le chauffage central à eau chaude est devenu une nécessité, surtout avec le changement saisonnier signaler ces derniers temps. Dans ce contexte, une étude du réseau de chauffage à eau chaude a été menée afin de chauffer notre maison.

Les moyens institutionnels étudiés sont situés dans la zone Tipaza Chenoua pour être bien précis. On a adopté un calcul thermique des différents paramètres, ce qui a permis d'atteindre les objectifs de cette étude.

Mot clé : confort thermique, chaudière, radiateur, tuyauterie.

Abstract:

In order to achieve comfort in our habitat and the well-being of the human body during the winter period, hot water central heating has become a necessity, especially with climate change signaling in recent times. In this context, a study of the hot water heating network was carried out in order to heat our house.

The institutional resources studied are located in the Tipaza Chenoua area to be precise. A thermal calculation of the various parameters was adopted, which made it possible to achieve the objectives of this study.

Key word: thermal comfort, boiler, radiator, piping.

Remerciements

On remercie avant tout le bon dieu qui nous a donné le courage et la volonté pour réaliser notre travail.

On tient tout particulièrement à remercier Mr. Bensedira Sidali, notre encadreur, pour son aide précieuse et sa sympathie. Et pour l'effort particulier qu'il a déployé, ses conseils ainsi que sa disponibilité. Sans oublier notre Chef de département Mr. Temmar Mustapha, pour sa disponibilité et son soutien tout le long de notre parcours. Et toutes les personnes de près ou de loin qui nous ont aidés à mener à bien notre travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail

A mes très chers parents pour leur soutien et leur présence pour moi

A mon oncle et ma tante

A mes frères et sœurs

A ma grand-mère maternelle

A la mémoire de ma grand-mère qui est toujours présente dans mon cœur

A tous mes amis avec qui j'ai partagés de longues années d'amitié surtout Abdelhakim,

Ayoub, Ahmed, Farouk.

A mon ami et frère Djeddar Abdelhakim

Merci d'être toujours là pour moi

Sommaire

Résumé.....	I
Remerciements.....	II
Liste des figures.....	III
Liste des tableaux.....	IV
Liste des symboles.....	V

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : généralités sur le chauffage thermique.

I- Historique du chauffage thermique... ..	2
I-1 Le confort thermique.....	2
• Paramètres de confort thermique.....	2
I-2 Le chauffage	3
I-3 Températures	4
• Température humide	4
• Température de rosée	4
• Température sèche	4
I-4 Les différents types de chaleur	4
• La chaleur sensible	4
• La chaleur latente	4
I-5 Modes de transfert de chaleur.....	5
• Mode de transfert de chaleur par conduction	5
• Mode de transfert de chaleur par convection	6
• Mode de transfert de chaleur par rayonnement	8
I-6 Classement des systèmes de chauffage	8
I.6.1 Chauffage individuel	9
I.6.2 Chauffage central.....	9
I.6.3 Avantages et inconvénients.....	10
I.6.4 Fluide caloporteur.....	11

I.7 Le chauffage central à eau chaude	12
I.7.1 Principe.....	12
I.7.2 Production.....	12
I.7.3 Distribution.....	13
I.7.4 Emission.....	15
I-8 Les radiateurs	16
I.8.1 Choix des radiateurs.....	16
I.8.2 Les principes composants de radiateur.....	18
I.9 Généralité sur les chaudières	19
I.9.1 Classification des chaudières.....	19
I.9.2 Les différents types des chaudières.....	20
I.9.3 Chambre de combustion (LE FOYER)	21
I.9.4 Les différents types de circulation.....	22
I.9.5 Principe de fonctionnement d'une chaudière	22

Chapitre II : La Méthode de calcul des déperditions.

II- Architecture et l'implantation géographique	25
II-1 Données de base thermodynamique	26
• Conditions intérieures	26
• Conditions extérieures	27
II-2 Calculs préliminaires	28
II-3 Calculs des déperditions	32
• Déperdition surfacique	33
• Déperdition linéique	35
• Déperdition volumique	37
• Total des déperditions	39
Conclusion.....	40

Chapitre III : Puissance des radiateurs et de la chaudière installer.

III.1 Partie théorique.....	41
III.1.1 Puissance des radiateurs	41
III.1.2 Nombre des radiateurs	43
III.1.3 Puissance de la chaudière	44

III.2 Partie expérimental.....	45
III.2.1 Choix du corps de chauffage.....	45
III.2.2 Calcul de puissance de la chaudière.....	48
• Conclusion	49
Conclusion générale	50
Annex.....	51
Références bibliographiques.....	57

Liste des figures

Figures	Titre des figures	Pages
N°		
I.1	Confort thermique dans un local d'habitation	2
I.2	Transfert de chaleur par conduction	6
I.3	Transfert de chaleur par convection naturelle	7
I.4	Transfert de chaleur par convection forcée	7
I.5	Transfert de chaleur par rayonnement	8
I.6	Principe de fonctionnement du chauffage individuel	9
I.7	Principe de fonctionnement d'un chauffage central	10
I.8	Schéma d'un chauffage central à eau	12
I.9	Système Bitube	14
I.10	Système Monotube	15
I.11	Radiateurs en fonte	17
I.12	Radiateurs en acier	17
I.13	Radiateurs en aluminium	18
I.14	Vanne thermostatique	18
I.15	Vanne de purge	19
I.16	Foyer atmosphérique	21
I.17	Foyer pressurisé	21
II.1	Plans de la maison	26
III.2	Plans final de la maison	49

Liste des tableaux

Tableaux	Titre des Tableaux	Pages
N°		
II.1	Coefficient d'échange thermique superficiel intérieure (h_i)	28
II.2	Coefficient d'échange thermique superficiel extérieure (h_e)	29
II.3	Les valeurs des résistances thermiques d'échanges superficielles	30
II.4	Valeurs du coefficient <i>Uk</i> pour les portes et les fenêtres	30
II.5	Caractéristiques des différents matériaux de construction utilisés	31
III.1	Température ambiante souhaitée par rapport au nombre requis de watts	41
III.2	Volume de chaque chambre	42
III.3	Puissance des radiateurs par rapport au nombre requis de watts	42
III.4	Puissance des radiateurs selon la surface et le volume de la pièce	43
III.5	Nombre de radiateur et leur puissance	43
III.6	Choix du corps de chauffe	46

Liste des symboles

Symboles	Titre des symboles	Unité
Q	Flux de chaleur	W
λ	Conductivité thermique	W/m°C
S	Surface de la paroi	m ²
T	Température de la paroi	°C
h	Le coefficient d'échange par convection	W/m ² °C
T _p	Température de la paroi	°C
T _∞	Température de l'air ambiant	°C
ϵ	Le facteur d'émission de la surface	/
σ	La constante de Stefan-Boltzmann	W/m ² .K ⁴
T _i	Température de l'eau au départ de la chaudière	°C
T _{in}	Température de l'eau à l'entrée	°C
T _{out}	Température de l'eau à la sortie	°C
T _{retour}	Température de l'eau au retour dans la chaudière	°C
D _s	Déperdition surfacique	W/°C
D _l	Déperdition linéique	W/°C
D _v	Déperdition volumique	W/°C
D _t	Déperdition total	W/°C
\dot{Q}_{cond}	Flux thermique par conduction	W/m
\dot{Q}_{conv}	Flux thermique par convection	W/m
\dot{Q}_{ray}	Flux thermique par rayonnement	W/m
U_k	Coefficients de transmission surfacique	W/m ² °C

Introduction

Afin d'obtenir le confort durant la période hivernale le chauffage central à eau chaude est devenu une nécessité, surtout avec le changement climatique signaler ces derniers temps.

Pour améliorer les caractéristiques techniques, esthétiques et réglementaires de celui-ci afin d'offrir une meilleure qualité de vie aux occupants. Le chauffage est un élément essentiel à notre bien-être. Il convient de profiter d'un système moderne pour notre confort.

On considère généralement que le rôle d'une installation de chauffage est de chauffer en hiver les pièces d'habitation de l'être humain. Sa tâche consiste plus précisément à réguler le dégagement de chaleur du corps humain pendant la saison la plus froide, en réchauffant son environnement, et assurer à l'être humain un bon confort.

Une étude de conception d'un système de chauffage à eau chaude pour une maison sera réalisée, et un calcul de déperditions sera l'un des objectifs de ce travail, connaître aussi le nombre nécessaire des radiateurs pour chaque pièce et la puissance de la chaudière à utiliser pour chauffer l'eau.

L'objectif principal de cette étude est de réaliser un système de chauffage à eau chaude d'une maison pour atteindre les objectifs tracés, ce mémoire a été structuré comme suit :

Une introduction générale, Généralités sur le chauffage thermique. Dans le deuxième chapitre il y a une méthode de calcul des déperditions. et dans le troisième chapitre. Un calcul de puissance de radiateur et la chaudière installée.

I. Histoire du chauffage thermique :

Le début du XX^{ème} siècle est marqué par la maîtrise des techniques de la vapeur et les premières chaudières vapeur viennent équiper les immeubles d'habitation. Dans les années 1910, les premiers chauffe-eaux solaires apparaissent aux États-Unis et avec eux les premiers systèmes de chauffage solaire. [1]

I.1 Le confort thermique :

Le confort thermique est une sensation de bien-être lorsqu'on est exposé à une ambiance intérieure. Le confort thermique ne dépend pas exclusivement de la température, mais également des conditions d'humidité de l'air intérieur, des éventuels courants d'air, du niveau de respirabilité de l'air ou de qualité d'air intérieure. La température à elle seule dépend d'une température résultante sèche, sorte de moyenne des températures intérieures et rayonnées par les différents corps et parois. [1]

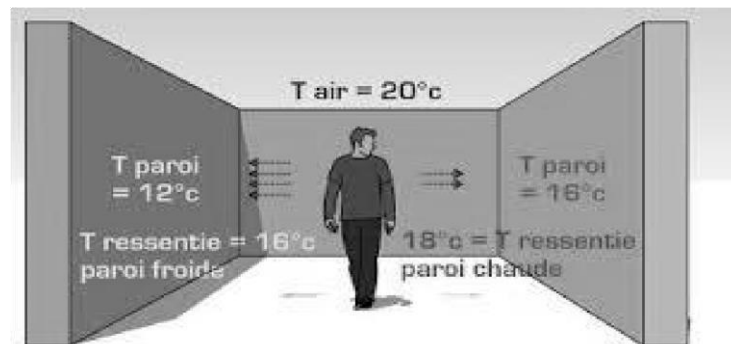


Figure I.1 : Confort thermique dans un local d'habitation [2]

- **Paramètres de confort thermique :**

Il existe plusieurs paramètres essentiels du confort thermique dans voici certains :

- **Température de l'air :**

La température de l'air est le premier critère qui vient à l'esprit qui même s'il est déterminant n'est pas le seul pour obtenir un confort thermique satisfaisant, il faut paramétrer

une température de consigne suffisante. La température sèche ambiante de confort est située entre 18°C et 24°C.

- **Le métabolisme humain :**

Un objet placé dans une pièce va rapidement prendre la température de l'environnement dans lequel il se trouve. Pourquoi ? Parce que nous vivons dans un univers régi par les lois implacables de la physique. En revanche, le corps humain est conçu pour se maintenir pratiquement toujours à la même température, soit 36,7 °C, quelle que soit l'ambiance dans laquelle il se trouve.

- **La température radiative moyenne :**

La température radiative moyenne a une grande influence sur la température ressentie. Pour calculer simplement la température ressentie, il faut faire la moyenne entre la température des parois et la température ambiante.

- **La vitesse de l'air :**

Les courants d'air provoquent une sensation de froid sur la peau en favorisant l'évaporation de la transpiration. Dans le cas d'une vitesse de l'air de 1 m/s, la baisse de température ressentie est de 4°C pour une température ambiante de 10°C. Mais elle n'est que de 1°C s'il fait 30°C. Cela signifie que les courants d'air sont perceptibles et gênants en hiver à partir de 0,15m/s.

I.2 Le chauffage :

Le chauffage est l'élément le plus important pour assurer le confort thermique. Il existe de nombreuses techniques dont le choix dépend des énergies disponibles (gaz, électricité, charbon, soleil, etc...), des dimensions des pièces à chauffer et de leur exposition au soleil, du mode d'occupation et de l'état général du bâtiment notamment de son isolation. Le chauffage est aussi une action de transmettre de l'énergie thermique à un élément, un matériau ou à l'air ambiant.

[3]

I.3 Températures :

1. **Température humide (T_h)** : Elle est la température d'évaporation de l'eau dans l'air, elle se mesure au moyen d'un thermomètre à bulbe humide (ou thermomètre humide), dont le bulbe est entouré d'une gaze mouillée, balayé par de l'air en mouvement et protégé du rayonnement.
2. **Température de rosée (T_r)** : Elle est la température maximale à laquelle l'air doit être refroidi pour qu'il devienne saturée en gardant la même teneur en eau.
3. **Température sèche (T_s)** : Elle n'est autre que la température de l'air au sens usuel du mot, indiquée par la lecture sur un thermomètre ordinaire dont le bulbe est parfaitement sec. [4]

I.4 Les différents types de chaleur :

I.4.1 La chaleur sensible :

Quand on chauffe l'eau de $T_1 = 25\text{ °C}$ à $T_2 = 70\text{ °C}$, on remarque que la température monte au fur et à mesure que la chaleur y est ajoutée sans que l'état de l'eau change. La hausse de chaleur est appelée chaleur sensible. De la même manière, quand la chaleur est enlevée d'un objet et que sa température baisse, la chaleur retirée est également appelée chaleur sensible.

I.4.2 La chaleur latente :

Tous les corps purs sont capables de modifier leur état. Les solides peuvent devenir des liquides (glace en eau) et les liquides peuvent devenir des gaz (eau en vapeur), mais ces transformations nécessitent l'ajout ou le retrait de chaleur.

La chaleur qui provoque ces transformations est appelée chaleur latente. Cependant la chaleur latente n'affecte pas la température d'une substance (par exemple, l'eau reste à 100 °C quand elle bout). La chaleur ajoutée pour maintenir l'eau en ébullition est la chaleur latente.

La chaleur qui provoque un changement d'état sans modifier la température est appelée chaleur latente. Une substance peut changer d'état physique de plusieurs façons, il existe donc plusieurs chaleurs latentes :

CHAPITRE I : Généralités sur le chauffage thermique

- ▶ chaleur latente de liquéfaction : quantité de chaleur pour passer de l'état solide à l'état liquide.
- ▶ chaleur latente de vaporisation : quantité de chaleur pour passer de l'état liquide à l'état gazeux.
- ▶ chaleur latente de condensation : quantité de chaleur pour passer de l'état gazeux à l'état liquide.
- ▶ chaleur latente de solidification : quantité de chaleur pour passer de l'état liquide à l'état solide. [5]

1.5 Modes de transfert de chaleur :

Un transfert de chaleur est un échange d'énergie thermique. Il correspond à un transfert d'énergie microscopique désordonnée. Il existe trois modes de transferts thermiques :

1.5.1 Mode de transfert de chaleur par conduction :

Le transfert de chaleur par conduction est un mode de transfert thermique incité par une différence de température entre deux zones du même milieu ou entre deux milieux en contact direct avec un corps. La chaleur se propage à l'intérieur d'un corps de particule à particule par interactions **intermoléculaires**, les particules étant au repos.

Les molécules peuvent faire partie d'un même corps ou de différents corps. Le transfert de chaleur par conduction se produit également dans les liquides et les gaz, au moment où les particules du fluide entrent en contact les unes avec les autres.

$$\dot{Q}_{cond} = - \lambda \times S \text{ grad (T) [W]}$$

I.1

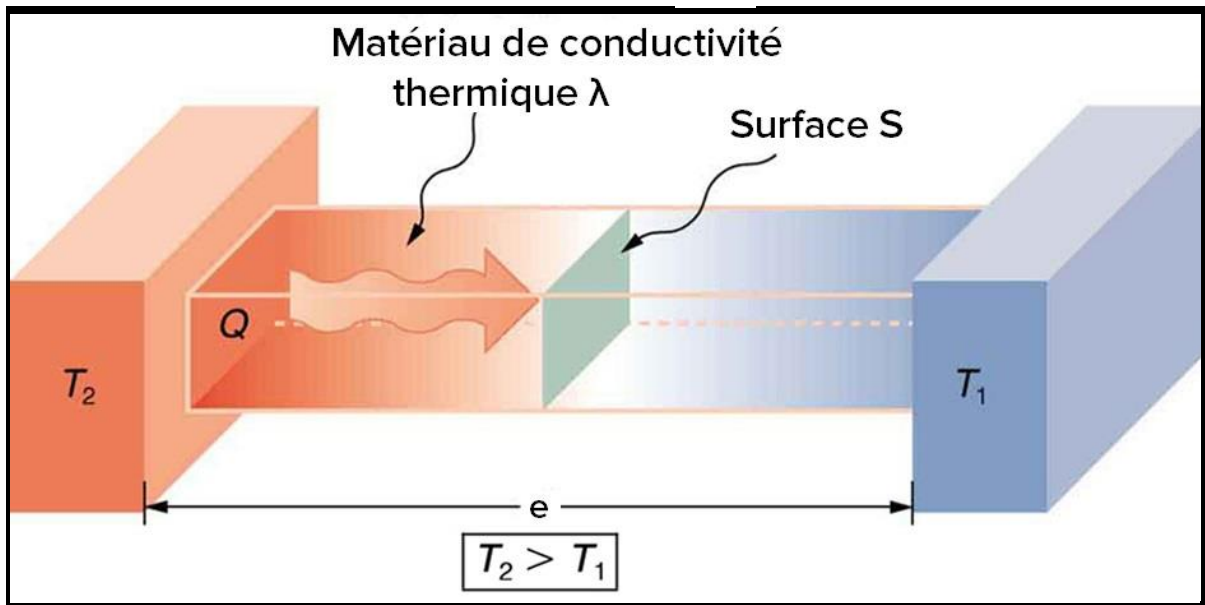


Figure I.2 : transfert de chaleur par conduction. [2]

\dot{Q}_{cond} : Flux thermique par conduction exprimé en **W/m**

λ : coefficient de conduction thermique (conductivité thermique) (**W/m°C**).

S : Surface de la paroi (m^2).

T : Température de la paroi ($^{\circ}C$).

I.5.2 mode de transfert de chaleur par convection :

Le transfert de la chaleur par convection est le mécanisme le plus important du transfert de chaleur entre un solide et un fluide (air ou eau). Il s'agit d'un transfert de chaleur qui s'effectue grâce à un mouvement de matière dans un milieu liquide ou gazeux. il existe deux types de convection :

○ *La convection naturelle :*

La convection naturelle est l'échange de chaleur par convection par contact d'un corps avec les particules du fluide chauffé qui devient de plus en plus légers. Les échanges thermiques

CHAPITRE I : Généralités sur le chauffage thermique

entre les corps de chauffe (cas du chauffage central) alimentés par de l'eau chaude ou de la vapeur d'eau et l'air ambiant d'un local se font par convection.

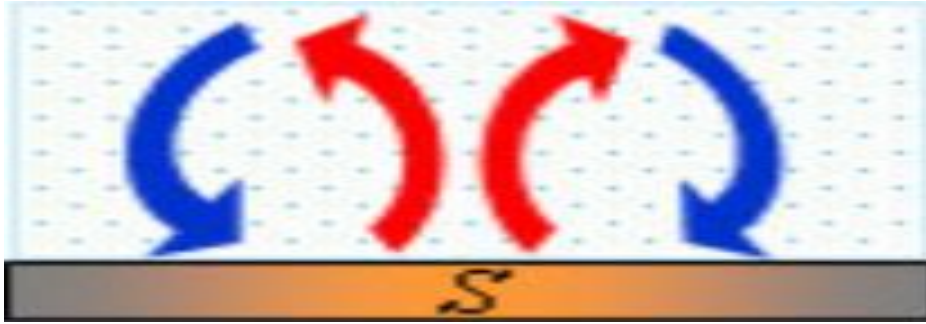


Figure I.3 : transfert de chaleur par convection naturelle. [2]

○ Convection forcée :

Dans ce cas le déplacement du fluide est forcé, provoqué par une circulation artificielle entraînée par un moyen de soufflage de l'air, pompe ou turbine...etc. On trouve ce système de convection forcée dans le chauffage central avec accélérateur comme les chauffe-eaux solaires.

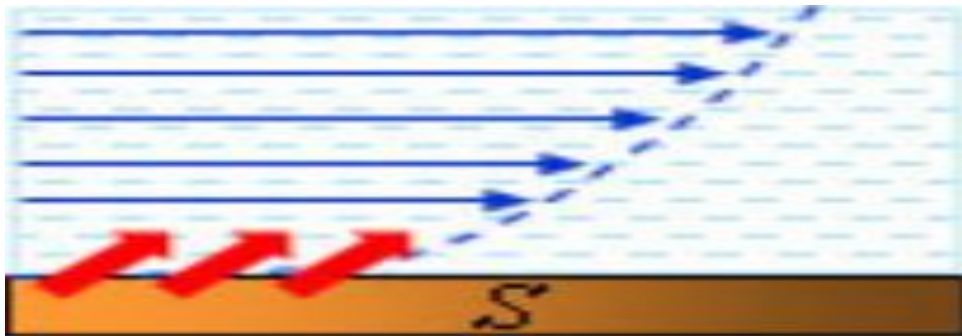


Figure I.4 : transfert de chaleur par convection forcée [2]

Le flux de chaleur par convection se calcule par la loi de Newton :

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = h \times S \times (T_p - T_{\infty}) \quad [\text{W}] \quad \text{I.2}$$

\dot{Q}_{conv} : Flux thermique par convection exprimé en **W/m**

h : Coefficient de transmission thermique par convection exprimé en **W/m°C**

S : surface de l'élément considéré en **m²**

T_p : température de la paroi

T_{∞} : Température de l'air ambiant

I.5.3 Mode de transfert de chaleur par rayonnement :

Le transfert thermique par rayonnement est un mécanisme par lequel la chaleur se transmet d'un corps de haute température vers un autre à basse température lorsque ces corps sont séparés par un milieu transparent tel que l'air ou le vide. Le mécanisme de ce transfert se fait par le rayonnement électromagnétique. Quel que soit la température du corps qui émet le rayonnement, le flux de chaleur est donné par la formule de Boltzmann : [6]

$$\dot{Q}_{ray} = \varepsilon \times S \times \sigma \times T^4 \quad [W] \quad I.3$$

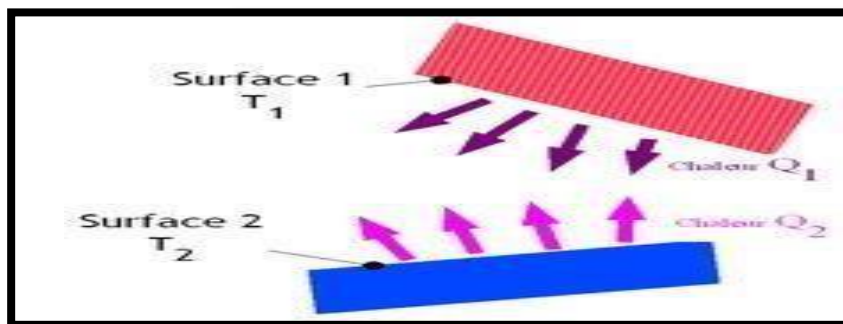


Figure I.5 : transfert de chaleur par rayonnement [2]

\dot{Q}_{ray} : flux thermique par rayonnement exprimé en **W/m**

ε : l'émissivité du matériau.

S : la surface d'échange en **m²**

σ : la constante de Stefan-Boltzmann (**$5,6703 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$**).

T : température de la surface du mur en Kelvin **K**

I.6 Classement des systèmes de chauffage :

Il existe tellement de systèmes de chauffage différents qu'il est uniquement possible de les classer selon différents thèmes, par exemple suivant :

- Le mode de production de chaleur : appareils individuels, chauffage central ou chauffage à distance.

CHAPITRE I : Généralités sur le chauffage thermique

- La source d'énergie : charbon, bois, gaz, fioul domestique, électricité, soleil ou vent.
- Fluide caloporteur : eau, vapeur, huile thermique ou air.
- Le mode d'émission de chaleur : convection, rayonnement.

Chaque système possède ses caractéristiques que l'on peut qualifier d'avantageuses ou de désavantageuses par rapport au bâtiment et à ses habitants.

I.6.1 Chauffage individuel :

On entend, par chauffage individuel, le chauffage d'une pièce par un ou plusieurs appareils de chauffage qui y sont installés ces appareils de chauffage transformeront sur place l'énergie en chaleur pour chauffer la pièce, Ce sont par exemple :

- Le chauffage électrique, direct ou à accumulation.
- Les convecteurs à gaz.
- Les poêles et feux ouverts.
- Les aérothermes au gaz.

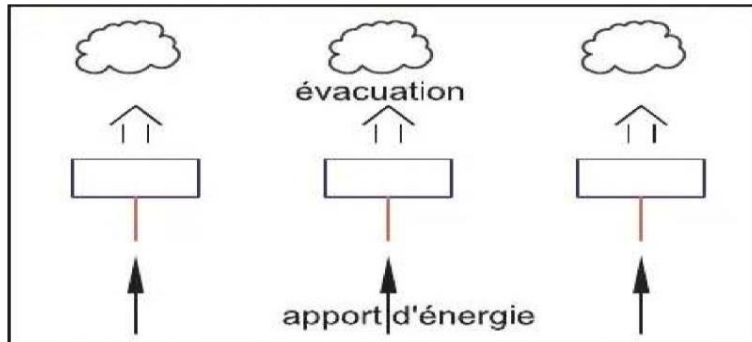


Figure I.6 : Principe de fonctionnement du chauffage individuel [3]

I.6.2 Chauffage central :

À l'opposé du chauffage individuel, où la source de chaleur se trouve toujours dans le local à chauffer, l'emplacement de l'appareil de chauffe d'une installation de chauffage central est libre. La production de chaleur s'effectue dans une chaudière ou dans un générateur d'air chaud. La chaleur qui y est produite est transmise au fluide caloporteur (eau, air, vapeur, huile thermique) qui amène la chaleur dans les locaux chauffer via des gaines ou des conduites. En

CHAPITRE I : Généralités sur le chauffage thermique

cas de chauffage à eau chaude, la chaleur transportée est émise par des corps de chauffe (radiateurs, convecteurs...). En cas de chauffage à air chaud, l'air chaud pénètre dans le local par des grilles.

On voit bien, d'après ce qui précède, qu'une installation de chauffage central se compose de quatre éléments nettement distincts :

- La source de chaleur = production.
- Le caloporteur + conduites ou gaines = distribution.
- Les appareils qui émettent la chaleur = émission.
- Les éléments qui régulent la température = régulation.

On distingue différents systèmes, selon la disposition et le groupement des éléments.

C'est surtout le mode de construction qui détermine le système choisi.

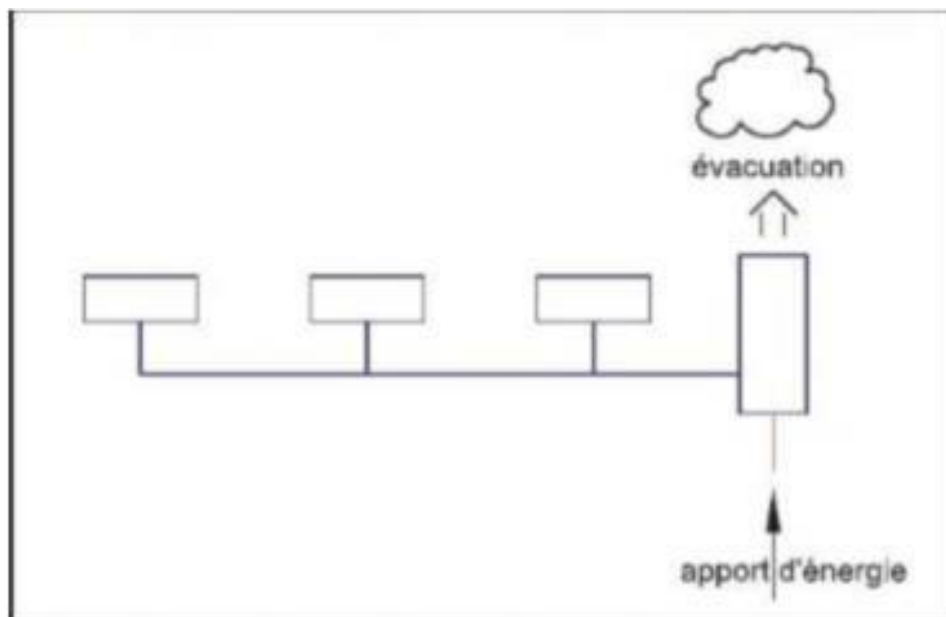


Figure I.7 : Principe de fonctionnement d'un chauffage central [3]

I.6.3 Avantages et inconvénients :

Les avantages du chauffage central par rapport au chauffage individuel sont les suivants :

- Un chauffage homogène du local grâce à une disposition.
- L'absence de manipulation de combustible ou de cendres dans le logement.
- La bonne rentabilité d'utilisation du combustible.
- Le nombre de cheminées d'un bâtiment est réduit à une seule évacuation des gaz de combustion.

CHAPITRE I : Généralités sur le chauffage thermique

- Il est possible de produire également l'eau chaude sanitaire.
- Volume occupé par les corps de chauffe réduit.
- Favorable des corps de chauffe, une pollution atmosphérique proportionnellement moins importante.

Ses **inconvenients** sont :

- Des frais d'installation plus élevés.
- Si la chaudière tombe en panne, il n'y a plus du tout de chauffage.
- Les pertes d'énergie dans les pertes d'énergie dans le réseau de distribution.
- Outre les coûts en carburant, il y a aussi des coûts de courant électrique pour le circulateur et les appareils de courant électrique pour le circulateur et les appareils de régulation.
- Le risque de gel de l'eau dans le radiateur.

I.6.4 Fluide caloporteur :

Fluide caloporteur est le moyen de transport qui conduit la chaleur vers les lieux chaleur vers les lieux d'utilisations, Plusieurs possibilités existent en matière de fluide caloporteur :

- **L'eau** : on peut chauffer de l'eau et la faire circuler, on parle alors de chauffage à eau chaude. Si l'on chauffe l'eau à une température supérieure à 95 °C, on parle de chauffage à eau surchauffée. Dans ce cas, la pression de service sera plus élevée.
- **L'air** : on chauffe l'air à l'aide d'un générateur à air chaud.
- **La vapeur** : une chaudière équipée d'un ballon produit la vapeur. On comprendra très facilement qu'il est complexe de régler un chauffage à vapeur, car la température de régler un chauffage à vapeur, car la température de la vapeur est d'au moins 100 °C. Le chauffage à vapeur se subdivise en chauffage à haute pression et chauffage à basse pression.
- **L'huile thermique** : ce type est utilisé dans les application industrielles où l'on demande des températures élevées. [3]

I.7 Le chauffage central à eau chaude :

I.7.1 Principe

Dans une installation de chauffage central à eau chaude, l'eau est réchauffée dans la chaudière (**production**) à une température maximum de 90 °C sous une pression maximum de 3 bars (300 KPa), dans une tuyauterie avec départ et retour (**distribution**), amène cette eau chaude dans les corps de chauffe que émettent la chaleur nécessaire dans les locaux où ils sont installés (**émission**) de ce fait, l'eau refroidit, elle s'écoule ensuite dans les tuyauterie de retour pour regagner la chaudière où le cycle recommence.

L'eau circule ainsi en circuit fermé. La circulation d'eau peut se faire naturellement et on parle alors de circulation naturelle (thermosiphon), ou artificiellement et on parle alors de circulation forcée (circulation par pompe). [3]

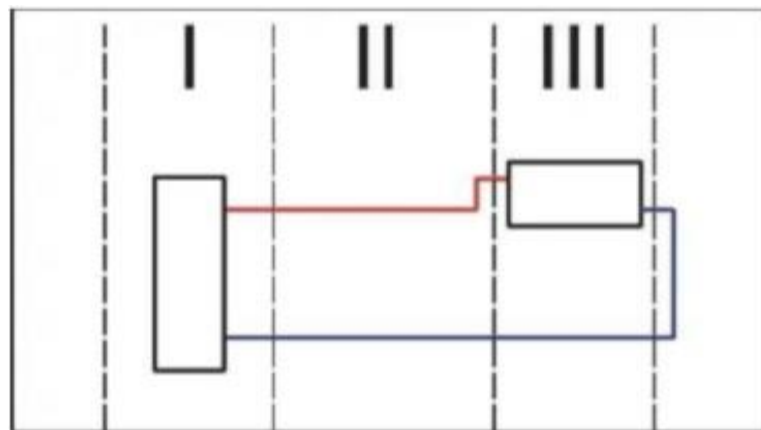


Figure I.8 : Schéma d'un chauffage central à eau [3]

Ligne rouge : Conduite de départ

Ligne Bleu : Conduite de retour

I : Production

II : Distribution

III : Emission

I.7.2 Production :

- **La chaudière :**

CHAPITRE I : Généralités sur le chauffage thermique

Chaudière a pour but de transmettre la chaleur libérée par la combustion du combustible, avec le moins possible de perte d'énergie, au fluide utilisé dans l'installation (eau, air, huile thermique).

- **Combustibles solides :**

Parmi les combustibles solides, on trouve différentes sortes de charbon et de bois. Les "pellets" en fibres de bois rentrent dans cette catégorie.

- **Combustibles liquides :**

Les combustibles liquides se subdivisent en :

- Gasoil.
- Gasoil extra.
- Fioul lourd.
- Fioul extra-lourd.

- **Combustibles gazeux :**

Les différentes sortes de gaz sont divisées en trois familles au niveau international :

- 1^{ère} famille : gaz de ville (gaz cokerie).
- 2^e famille : gaz naturels.
- 3^e famille : gaz de pétrole liquéfié (butane, propane).

I.7.3 Distribution :

La tuyauterie a pour fonction de transporter l'eau chaude vers les corps de chauffe et de ramener l'eau refroidie à la chaudière. Sa pose peut se faire selon deux systèmes de distribution l'installation à un tuyau (monotube) ou à deux tuyaux (bitube).

- **Les tuyaux :**

Le transport de l'eau chaude s'effectue dans des tuyaux d'acier, de cuivre ou de matière synthétique. Il existe aussi sur le marché des tuyaux composés d'une combinaison de matériaux. Tous les tubes doivent satisfaire aux normes concernant :

- Le diamètre nominal et l'épaisseur de la paroi.

CHAPITRE I : Généralités sur le chauffage thermique

- La pression nominale et la pression de service auxquelles les tuyaux doivent pouvoir résister.

Pour limiter au maximum les déperditions thermiques dans tuyauterie, il faut limiter autant que possible la longueur de cette tuyauterie et isoler les tuyaux proprement dits lorsqu'ils traversent des locaux non chauffés.

- **1. Système bitube :**

Le système de distribution le plus utilisé est le système bitube.

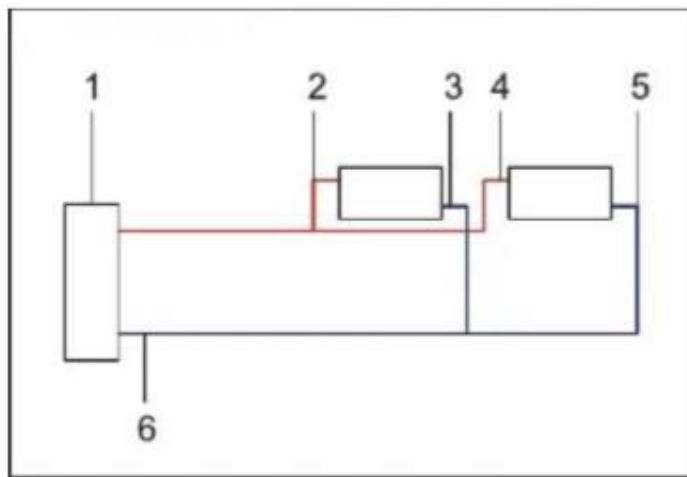


Figure I.9 : Système Bitube [7]

Températures par exemple avec un régime de chauffe 75 /65 °C

1 : T_i : Temp de l'eau au départ de la chaudière = 75 °C

2 : T_{in} : Temp de l'eau à l'entrée = 75 °C

3 : T_{out} : Temp de l'eau à la sortie = 65 °C

4 : T_{in} : Temp de l'eau à l'entrée = 75 °C

5 : T_{out} : Temp de l'eau à la sortie = 65 °C

6 : T_r : Temp de l'eau au retour dans la chaudière = 65 °C

- **2. Système monotube :**

CHAPITRE I : Généralités sur le chauffage thermique

Dans le système à un tuyau, c'est le même tuyau qui assure l'amenée comme le retour de l'eau, et on forme ainsi différents circuits. On ne peut placer qu'un nombre limité de corps de chauffe par circuit. Dans une maison qui contient beaucoup de corps de chauffe, il faut poser plusieurs circuits. Dans cette configuration, chaque corps de chauffe d'un même circuit est toujours alimenté par de l'eau à une température décroissante. Chaque radiateur est alimenté à une température différente de l'eau et la différence de température entre les corps de chauffe est différente.

Par exemple :

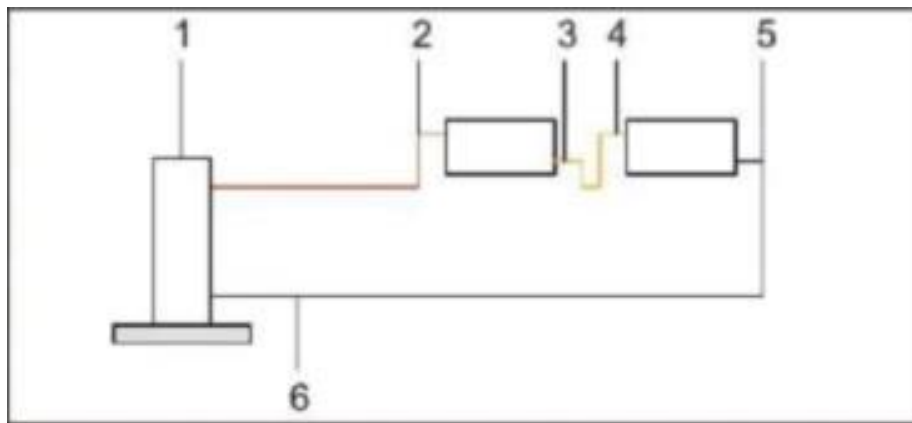


Figure I.10 : Système Monotube [7]

Températures par exemple avec un régime de chauffe 75/65 °C

1 : T_i : Temp de l'eau au départ de la chaudière = 75 °C

2 : T_{in} : Temp de l'eau à l'entrée = 75 °C

3 : T_{out} : Temp de l'eau à la sortie = 71 °C

4 : T_{in} : Temp de l'eau à l'entrée = 71 °C

5 : T_{out} : Temp de l'eau à la sortie = 65 °C

6 : T_r : Temp de l'eau au retour dans la chaudière = 65 °C

I.7.4 Emission :

Les corps de chauffe utilisés dans une installation de chauffage central à eau chaude servent à céder la chaleur transportée aux locaux à chauffer.

On peut classer les corps de chauffe suivante :

CHAPITRE I : Généralités sur le chauffage thermique

- Le mode d'émission de la chaleur : par rayonnement et convection ou uniquement par convection.
- La forme : tubes (cannelés ou non), radiateurs à panneaux (avec ou sans ailettes), radiateur à éléments, convecteurs muraux, plinthes chauffantes ou convecteurs au sol.
- Le matériau : fonte, acier ou aluminium.

La combinaison de tous ces critères aboutit évidemment à une grande variété de types et modèles différents, ce qui ne facilite pas le choix. Il y a en outre d'autres aspects qui interviennent, par exemple l'esthétique, l'espace disponible pour la pose. (7)

I.8 Les radiateurs :

Un radiateur est un dispositif qui permet l'échange de chaleur entre deux milieux. Il a pour fonction, soit d'évacuer la chaleur d'un objet pour éviter sa surchauffe, soit de chauffer un espace ou un objet.

Anciennement, nous avons les radiateurs à éléments. Ces radiateurs se retrouvent dans les anciennes installations. Ils se composent d'éléments identiques juxtaposés, en nombre suffisant pour obtenir la puissance nécessaire. Les éléments peuvent être en fonte. Dans ce cas, ils présentent une inertie importante et chauffent principalement par rayonnement. [17]

❖ Remarque :

- La chaleur se transmet par convection, rayonnement ou conduction.
- Le radiateur opère généralement par convection, mais aussi par rayonnement.

I.8.1 Choix des radiateurs :

Les radiateurs les plus utilisés sont les radiateurs en fonte, en acier ou en aluminium.

- 1- **Radiateurs en fonte** : Le principal avantage des radiateurs en fonte est **leur inertie thermique**. La fonte étant un matériau **très dense**, elle est capable d'accumuler de la chaleur pour la restituer plus tard. Ceci permet de **diminuer le temps pendant lequel le chauffage consomme du combustible**. En effet, même éteint ou en mode ralenti, le

CHAPITRE I : Généralités sur le chauffage thermique

radiateur continue d'émettre de la chaleur dans les pièces. En contrepartie, la montée en température d'un radiateur en fonte est **longue**.



Figure I.11 : radiateurs en fonte [8]

2- Radiateurs en acier : Contrairement aux radiateurs en fonte, les modèles en acier sont **plus réactifs**. La montée en température est plus courte, procurant ainsi un **meilleur confort plus rapidement**. Autre avantage, le radiateur en acier est **moins lourd et moins coûteux** qu'un radiateur en fonte. Il est donc plus facile à installer.

Les radiateurs de ce type sont plus récents que les radiateurs en fonte, ils bénéficient donc en général d'un design **plus attractif**.



Figure I.12 : radiateurs en acier [8]

3- Radiateurs en aluminium : Le troisième type de radiateur à eau, en aluminium, est un bon compromis entre l'acier et la fonte. Avec ce radiateur plutôt réactif, la **montée en température est rapide**, ce qui accélère la mise en place d'une température de confort dans les pièces. L'inertie est moyenne mais permet tout de même à la température du radiateur

CHAPITRE I : Généralités sur le chauffage thermique

de **redescendre progressivement** une fois le chauffage coupé. Le radiateur en aluminium a l'avantage d'être **plus léger que celui en fonte et moins cher**, il est donc plus facile à installer. [8]

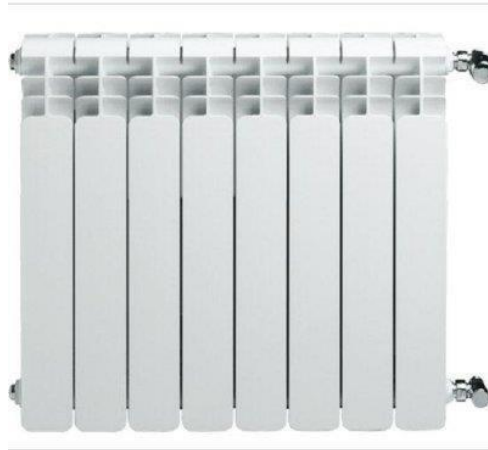


Figure I.13 : radiateurs en aluminium [8]

I.8.2 Les principes composants de radiateur :

Le radiateur est équipé d'une **vanne thermostatique** dont la fonction est détaillée au point suivant, ainsi que d'une **vanne de purge**. Une purge doit en effet être effectuée de temps en temps afin de vider l'air qui s'accumule dans l'installation et qui empêche la bonne circulation de l'eau. [15]

- **La vanne thermostatique** : est le dernier niveau de régulation, qui peut être effectué soit manuellement, soit électroniquement. Celle-ci est installée sur les radiateurs.



Figure I.14 : Vanne thermostatique [8]

- **La vanne de purge :** ça sert à évacuer manuellement ou automatiquement l'air qui stagne à l'intérieur des corps chauffants, pendant le remplissage de l'installation ou pendant le fonctionnement normal. [8]



Figure I.15 : Vanne de purge [8]

I.9 Généralité sur les chaudières :

Une **chaudière** est un « générateurs de chaleur ». Il s'agit en effet d'un appareil ou d'une installation qui permet de transférer de l'énergie thermique à un fluide caloporteur (porteur de chaleur). Ainsi, tout dispositif produisant de l'eau chaude, de la vapeur d'eau, ou de l'eau surchauffée est considéré comme une **chaudière**.

Pour chauffer le fluide caloporteur, la **chaudière** est équipée d'un corps de chauffe (qui récupère la chaleur produite par un brûleur) et d'un circuit d'eau intégré.

Un brûleur est un combustible (gaz, fioul, bois, électricité...) qui en se consommant, libère une forte source de chaleur. [15]

I.9.1 Classification des chaudières :

Les chaudières sont des équipements dans lesquels circulent de l'eau, appelée fluide caloporteur chauffée à une certaine température par le système de chauffe. Il existe une grande variété de chaudière ; dont On peut classifier suivant les critères suivants :

❖ Chaudière standard :

Il s'agit des chaudières les plus courantes et les moins onéreuses. On leur attribue généralement un rendement instantané de l'ordre de **92%**. Comme tous les types de chaudières, elles fonctionnent en transférant l'énergie qu'elles produisent à un fluide (de l'eau le plus

souvent) qui la répartit ensuite dans la maison sous forme de chaleur. Pour éviter tout risque de condensation, elles doivent recevoir l'eau à une température minimale de **60°C**.

❖ Chaudière à basse température :

La chaudière basse température fonctionne en produisant des températures allant de **35 à 60°C**., mais elle présente tout de même un rendement moyen de **94%**. Étant donné qu'elle utilise de l'eau moins chaude, la chaudière basse température nécessite moins de combustible. Ce genre de chaudière est conçu pour fonctionner avec un plancher chauffant ou encore des radiateurs à chaleur douce. [16]

❖ Chaudière à haute température :

Les chaudières à haute température sont les plus anciennes. Elles fonctionnent avec une eau chauffée à **75 à 90°C**. Elles ne sont donc pas adaptées à tout type d'installations. Les chaudières classiques sont tout à fait adaptées aux radiateurs de hautes températures. [16]

❖ Chaudière à condensation :

Elles sont devenues les chaudières les plus utilisées pour leurs performances. En effet, elles consomment entre **15 et 20% de moins** qu'une chaudière standard pour un **rendement supérieur à 100%**. [16]

Elles récupèrent la chaleur des fumées issues de la combustion et l'utilisent pour chauffer l'eau du circuit.

Quand on sait que la température des fumées dans une chaudière standard peut atteindre **250°C**, on saisit tout l'intérêt de ce type d'équipement. Ces chaudières sont conçues pour alimenter de gros radiateurs, des radiateurs à chaleur douce ou encore des planchers chauffants.

I.9.2 Les différents types des chaudières :

1- Chaudières en fonte :

Les différents éléments d'une chaudière en fonte sont obtenus par moulage à partir d'un modèle.

Les chaudières en fonte se rencontrent dans la gamme des petites et moyennes puissances. Ce sont généralement des chaudières à eau chaude. La construction de ces chaudières s'effectue par juxtaposition d'un certain nombre d'éléments semblables moulés et assemblés par boulons ou des tiges filetées.

2- Chaudières en acier :

CHAPITRE I : Généralités sur le chauffage thermique

Les chaudières en acier sont obtenues par sondage à partir de tôles et de tubes. Ces chaudières sont utilisées pour toutes les gammes de puissances. Ce type de construction est indispensable pour les appareils à forte pression contenant de l'eau (à partir de 110°C) ou de la vapeur (à partir de 0.50 bars).

I.9.3 Chambre de combustion (LE FOYER) :

C'est l'endroit où se développe la réaction chimique de la combustion. C'est la partie du générateur où la température est la plus élevée.

La **chambre de combustion** ou **Foyer**, peut se présenter sous deux aspects différents en fonction du type de brûleur utilisé, il peut être **pressurisé** ou à **pression atmosphérique**.

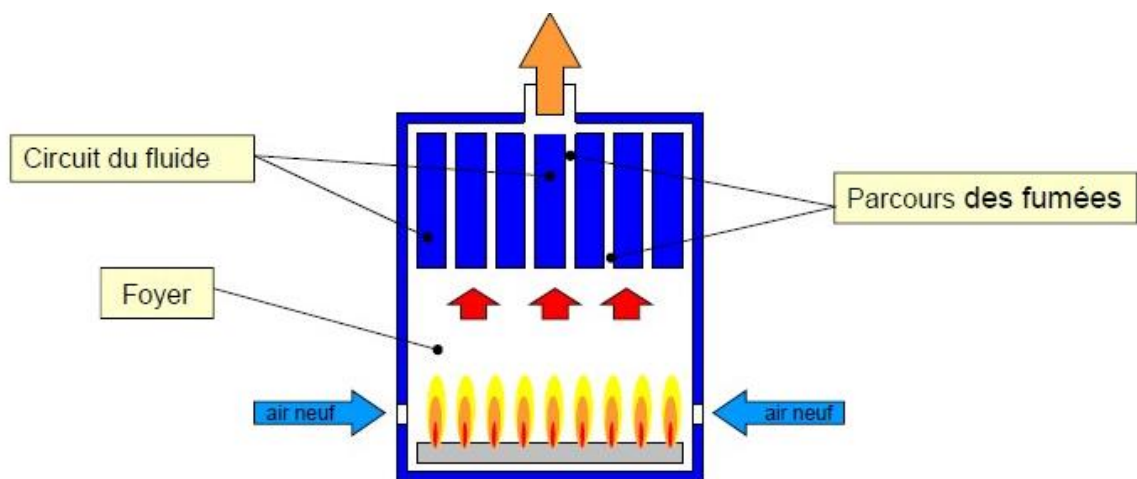


Figure I.16 : Foyer atmosphérique [9]

Le **foyer atmosphérique** fonctionne par **tirage naturel**. C'est à dire que l'air entre naturellement par des ouvertures prévues sur ses parois et l'évacuation des gaz brûlés se fait grâce à la **dépression** créée par la cheminée. En effet, l'air, plus chaud, contenu dans le local monte, par gravité, dans le conduit en créant ainsi une dépression en son point le plus bas. [14]

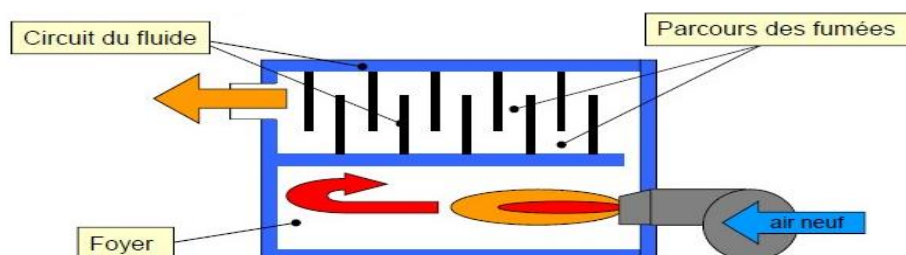


Figure I.17 : Foyer pressurisé [9]

CHAPITRE I : Généralités sur le chauffage thermique

Le foyer pressurisé fonctionne avec des brûleurs à **air pulsé**. Contrairement au foyer atmosphérique, l'air neuf est amené de manière forcée par le brûleur. Ce procédé permet de traverser des parcours de fumées plus travaillé et présentant un meilleur rendement d'échange. Ce type de foyer convient particulièrement pour les moyennes et fortes puissances mais présente l'inconvénient d'être bruyant. [14]

I.9.4 Les différents types de circulation :

- ✦ **Circulation naturelle** : la circulation de l'eau dans une chaudière est très importante pour éviter la formation des zones sèches ou le métal est susceptible de fondre et se déformer sous l'effet de la chaleur.
- ✦ **Circulation assistée** : progressivement la pression de fonctionnement des chaudières s'élève, pour obtenir de meilleurs rendements.
- ✦ **Circulation forcée** : on distingue les petites chaudières de chauffage central, de la chaudière industrielle ou de centrales thermiques à haute pression. [12]

I.9.5 Principe de fonctionnement d'une chaudière :

Quel que soit le modèle que vous avez, le principe de fonctionnement d'une chaudière repose sur des éléments qui varient peu :

- ✦ Une chaudière a besoin d'un carburant, d'une source d'énergie : bois, fioul, gaz, électricité, air.
- ✦ Pour les chaudières à combustion, le carburant est brûlé, et c'est cette action qui produit de la chaleur.
- ✦ Pour les modèles électriques ou thermodynamiques, il n'y pas de combustion, mais l'utilisation d'une source d'énergie "invisible".
 - ✦ Dans tous les cas, l'énergie utilisée ou dégagée par la combustion sert à produire de la chaleur, qui se transmet ensuite à des circuits reliés à des émetteurs de chaleur comme **radiateur** et au dispositif d'alimentation en eau chaude.
- ✦ Les vapeurs dégagées et résidus de combustion sont évacués, sauf dans les modèles à condensation, dans lesquels la vapeur est réutilisée en circuit interne. [9]

Introduction :

Afin de réaliser des installations de climatisation satisfaisantes, dans des conditions économiques admissibles à toutes les exigences de l'hygiène des conditions dites de base sont nécessaires à connaître, la température environnantes, Dimensions des portes et fenêtres, la construction des parois.

Pour pouvoir dimensionner une installation de traitement d'air, il est nécessaire de Connaitre certains paramètres se rapportant au local à étudier tels que :

- **Son implantation géographique.**
- **L'architecture du bâtiment.**

II. Architecture et l'implantation géographique :

La maison est située dans la ville de Tipaza. Elle est conçue de 2 chambres, un salon, un Hall, cuisine et salle de bain.

Pour l'implantation géographique la ville de Tipaza est située à 68 km à l'ouest de la capitale Alger. est implantée à la côte au pied du mont Chenoua, à l'extrémité des collines du Sahel. [10]

- **Les coordonnées géographiques :**
 - **Lieux :** Wilaya de Tipaza.
 - **Latitude :** 36.59°
 - **Longitude :** 2.44944°
 - **Altitude :** Z=12 m

○ Architecture de la maison (le plan) :



Figure II.1 : plans de la maison

II.1 Données de base thermodynamique

II.1.1 Conditions intérieures :

Les conditions de base intérieure visant à créer dans la maison, un climat favorable qui doit correspondre au mieux aux besoins physiologique et de confort thermique du corps humain. Pour cela, il est nécessaire de contrôler la température et le degré hygrométrique du local en question.

Il est nécessaire de considérer les facteurs essentiels suivants :

La température ; l'humidité de l'air ; le dégagement de chaleur lié à l'activité de l'individu (métabolisme) ; la pureté et la filtration de l'air.

Il est recommandé d'assurer les conditions suivantes :

Conditions intérieurs	Période hivernale
Température de base T_b (°C)	21
Humidité relative ϕ (%)	62

Les paramètres agissant sur le confort thermique et sur l'activité à l'intérieur de la maison étudié sont :

- La pureté de l'air.
- La température de l'air.
- Le degré hygrométrique.
- Le mouvement de l'air.

II.1.2 Conditions extérieures :

L'établissement des bilans thermiques estival ou hivernal et le dimensionnement des équipements adéquats nécessitent la connaissance des effets des évolutions climatiques extérieures (Température, humidité, vent, rayonnement, ...).

On désigne par le climat, le comportement moyen du temps en un lieu ou en un territoire pour une certaine période de l'année tel qu'il résulte d'observation étalée sur plusieurs dizaines d'années. Par exemple, en Algérie, le mois de janvier est le mois le plus froid, alors que le mois d'août est le mois le plus chaud.

○ Période hivernale :

La température extérieure qui intervient dans le calcul du bilan calorifique est la température moyenne enregistrée sur un certain nombre d'années.

Si on considère la plus basse température, cela conduira à un surdimensionnement inutile de l'installation, vu qu'elle est rarement atteinte.

D'après l'office national de la météorologie de Tipaza, les valeurs moyennes de la température, du degré hygrométrique et de la vitesse du vent de mois de janvier de ces dix (10) dernières années sont : [10]

CHAPITRE II : Méthode de calcul des déperditions

- Température moyenne sèche : $t_s = 6,4$ °C.
- Température moyenne humide : $t_h = 4,2$ °C.
- Humidité relative moyenne : $HR = 62\%$.
- Vitesse moyenne du vent : $V_{moy} = 0.93$ m/s.
- Température moyenne du sol est : $t_{sol} = 3,8$ °C.

❖ **Remarque** : pour notre étude on va prendre la température extérieure
 $T_{ext} = 4$ °C

II.2 Calculs préliminaires :

Cette étape est primordiale lors de l'établissement d'un bilan thermique, puisque les déperditions dépendent des coefficients de transmission surfacique, c'est pour cette raison qu'il faut mettre en évidence la composition de chaque paroi, afin de déterminer son coefficient de transmission surfacique.

II.2.1 Coefficients d'échange superficiel :

Le **coefficient d'échange** thermique superficiel entre une ambiance que ce soit **intérieure** (h_i) ou **extérieure** (h_e) et une paroi, est la somme des quantités de chaleur transmise entre une ambiance et la face d'une paroi intérieure ou extérieure, par convection et par rayonnement.

Dans notre cas de chauffage centrale a eau chaude on va évidemment utiliser la **convection naturelle (libre)**, et pour cela on va supposer les valeurs de **coefficient d'échange** thermique superficiel **intérieure** (h_i) et **extérieure** (h_e) respectivement dans les tableaux ci-dessous :

Tableau II.1 : Coefficient d'échange thermique superficiel intérieure (h_i)

Paroi en contact avec ⇒	Coefficient d'échange thermique superficiel Intérieure (h_i) (W/m°C)	
	L'intérieur	L'extérieur
Mur	9	9
Toiture	16	16
Plancher	6	6

CHAPITRE II : Méthode de calcul des déperditions

Tableau II.2 : Coefficient d'échange thermique superficiel extérieure (h_e)

Paroi en contact avec ⇒	Coefficient d'échange thermique superficiel Extérieure (h_e) (W/m°C)	
	L'intérieur	L'extérieur
Mur	9	17
Toiture	11	20
Plancher	6	20

II.2.2 Coefficients de transmission surfacique :

La détermination du coefficient de transmission surfacique global d'une paroi quelconque constituée de plusieurs couches supposées parfaitement accolées et séparatrice de deux ambiances (intérieur et extérieur) de température déférente est donné par la relation :

$$U_k = \frac{1}{1/h_i + \sum R_i + 1/h_e}$$



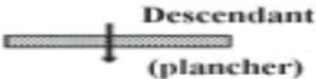
Avec : $\bullet \sum R_i = \sum e_i / \lambda_i$

(m²°C/W).

- $1/h_i$ et $1/h_e$: les résistances thermiques d'échanges superficiels intérieur et extérieur respectivement (m²°C/W).
- λ : conductivité thermique (W/m°C).
- e : l'épaisseur de la *i*ème couche de la paroi (m).

CHAPITRE II : Méthode de calcul des déperditions

Tableau II.3 : Les valeurs des résistances thermiques d'échanges superficielles

Paroi en contact avec ⇒ $1/h$ en ($m^2 \cdot ^\circ C/W$) Type de paroi ↓	✦ L'intérieur ✦ Un comble			✦ L'extérieur ✦ Un passage ouvert		
	$1/h_{int}$	$1/h_{ext}$	$1/h_{int} + 1/h_{ext}$	$1/h_{int}$	$1/h_{ext}$	$1/h_{int} + 1/h_{ext}$
Mur (latéral) 	0.11	0.11	0.22	0.11	0.06	0.17
Toiture (Flux ascendant) 	0.09	0.09	0.18	0.09	0.05	0.14
Plancher (Flux descendant) 	0.17	0.17	0.34	0.17	0.05	0.22

Pour les murs rideaux (simple vitrage plus volet) ; la valeur de U_k est déterminée selon le tableau suivant :

Tableau II.4 : Valeurs du coefficient U_k pour les portes et les fenêtres

Description	Menuiserie	Coefficient U_k ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)
Portes	Bois	3.7
Fenêtres	Bois	2.4
Fenêtres sanitaire	Bois	1.2

Dans le présent travail, nous étudierons la composition des murs de notre maison en outre on donnera les valeurs de coefficient de transmission surfacique U_k dans le tableau ci-dessous :

CHAPITRE II : Méthode de calcul des déperditions

Tableau II.5 : Caractéristiques des différents matériaux de construction utilisés

Désignation	Composition	Epaisseur (m)	Cond. thermique λ (W/m ^{°c})	ΣR_i (m ² °c/W)	$Uk = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \Sigma R_i + \frac{1}{h_e}}$
Murs extérieur	-2 plaques de plâtre -laine de roche -	0.026	0.25	1,597506494	0,57
	béton armé	0.05	0.042		
	-béton	0.17	1.65		
	préfabriqué	0.33	1.65		
Murs intérieur	-2 plaques de plâtre -laine de roche -	0.026	0.25	2,691982684	0,34
	béton armé	0.05	0.042		
	-laine de roche	0.17	1.65		
	-2 plaques de plâtre	0.05	0.042		
		0.026	0.25		
Plancher (sol)	-plâtre	0.02	0.35	0.22714286	1,76
	-dalle de compression de béton courant	0.2	R=0.14		
	+hourdis - revêtement granito	0.04	1		
		0.04	1		
Mur sanitaires	- plâtre -	0.02	0.35	0,214	2,3
	brique creuse	0.05	R=0.10		
	-plâtre	0.02	0,35		
Plancher Terrasse (Plafond)	-gravier -laine de roche	0.09	0.4	1.94446429	0,46
	- béton léger - dalle de compression de béton courant+	0.06	0.042		
	hourdis - plâtre	0.15	1.6		
		0.2	R=0.14		
		0.02	0.35		

CHAPITRE II : Méthode de calcul des déperditions

- ❖ **Remarque :** pour certains matériaux de construction comme (dalle de compression de béton courant + hourdis et brique creuse) cité dans le tableau en utilise directement la Résistance thermique (**R**).

Exemple de calcul :

Mur intérieur			
N°	Constituants	e(m)	$\lambda(W/m^2^\circ C)$
1	2 Plaque de plâtre ba13	0.026	0.25
2	Laine de roche	0.05	0.042
3	Béton armé	0.17	1.65
4	Laine de roche	0.05	0.042
5	2 Plaque de plâtre ba13	0.026	0.25
$U_k=1/ (0.22 + \Sigma R_i) = 0.34 W/m^2^\circ C$			

II.3 calculs des déperditions :

Le calcul d'un bilan thermique permet de connaître avec précision la quantité d'énergie qu'il faudra pour chauffer un local, la justesse de ce calcul est primordiale non seulement pour le coût de l'installation, mais aussi pour son exploitation.

Dans cette étude on va calculer trois sortes de déperditions **surfacciques, linéique, volumique.**

On va maintenant voir les différents types de pièces avec leur **Température intérieure** et là **Température extérieure** et la **différence** entre la **Température intérieure** et **extérieure** (ΔT)

Type de pièce	Température intérieure de base (°C)	Température extérieure Text (°C)	$\Delta T(^{\circ}C)=(T_{int} - T_{ext})$
Séjour et chambres, cuisine, hall	20	4	16
Salle de bain	22	4	18

II.3.1 Déperdition surfacique :

L'expression de déperdition surfacique : $D_s = S * U_k * \Delta T$

II.1

- ❖ **Important** : les surfaces des murs extérieurs ils vont changer parce que on va enlever du calcul les surfaces des fenêtres et des portes.

○ Surface des portes et fenêtres :

- Portes : $S=1.89m^2$
- Fenêtres : $S=1.5m^2$
- L'ensemble des deux fenêtres sanitaires : $S=0.5m^2$

Chambre 1	Désignation	Surface (m ²)	U_k (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Calculs	Déperditions en (W)
	Mur extr	15.13	0.57	16	$15.13 * 0.57 * 16$	137.98
	Fenêtre	1.5	2.4	16	$1.5 * 2.4 * 16$	57.6
	Porte	1.89	3.7	16	$1.89 * 3.7 * 16$	111.88
	Sol	18.52	1.76	16	$18.52 * 1.76 * 16$	521.52
	Plafond	18.52	0.46	16	$18.52 * 0.46 * 16$	136.3
Total						965.28

Chambre 2	Désignation	Surface (m ²)	U_k (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Calculs	Déperditions en (W)
	Mur extr	11.35	0.57	16	$11.35 * 0.57 * 16$	103.51
	Fenêtre	1.5	2.4	16	$1.5 * 2.4 * 16$	57.6

CHAPITRE II : Méthode de calcul des déperditions

Porte	1.89	3.7	16	1.89*3.7*16	111.88
Sol	14.74	1.76	16	14.74*1.76*16	415.07
Plafond	14.74	0.46	16	14.74*0.46*16	108.48
Total					796.54

Cuisine	Désignation	Surface (m²)	U_k (W/m²°C)	ΔT (°C)	Calculs	Déperditions en (W)
	Mur extr	8.07	0.57	16	8.07*0.57*16	73.59
	Fenêtre	1.5	2.4	16	1.5*2.4*16	57.6
	Porte	1.89	3.7	16	1.89*3.7*16	111.88
	Sol	11.46	1.76	16	11.46*1.76*16	322.71
	Plafond	11.46	0.46	16	11.46*0.46*16	84.34
Total					650.12	

Hall	Désignation	Surface (m²)	U_k (W/m²°C)	ΔT (°C)	Calculs	Déperditions en (W)
	Mur extr	15.68	0.57	16	15.68*0.57*16	143
	Fenêtre	1.5	2.4	16	1.5*2.4*16	57.6
	Porte	1.89	3.7	16	1.89*3.7*16	111.88
	Sol	17.57	1.76	16	17.57*1.76*16	494.77
	Plafond	17.57	0.46	16	17.57*0.46*16	129.31
Total					936.56	

CHAPITRE II : Méthode de calcul des déperditions

Séjour	Désignation	Surface (m ²)	U _k (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Calculs	Déperditions en (W)
	Mur extr	11.95	0.57	16	11.95*0.57*16	108.98
	Fenêtre	1.5	2.4	16	1.5*2.4*16	57.6
	Porte	1.89	3.7	16	1.89*3.7*16	111.88
	Sol	14.78	1.76	16	14.78*1.76*16	416.2
	Plafond	14.78	0.46	16	14.78*0.46*16	108.78
					Total	803.44

S.D.B	Désignation	Surface (m ²)	U _k (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Calculs	Déperditions en (W)
	Mur extr	6.61	2.3	18	6.61*2.3*18	273.65
	Fenêtre	0.5	1.2	18	0.5*1.2*18	10.8
	Porte	1.89	3.7	18	1.89*3.7*18	125.87
	Sol	9	1.76	18	9*1.76*18	285.12
	Plafond	9	0.46	18	9*0.46*18	74.52
					Total	769.96

II.3.2 Déperdition linéique :

L'expression de déperdition linéique : $D_L = L * \Psi * \Delta T$

II.2

Coefficient de transmission linéique Ψ

Désignation	Ψ (W/m°.C)
Plancher bas	0.60
Plancher haut	0.80

CHAPITRE II : Méthode de calcul des déperditions

Chambre 1	Désignation	Longueur (m)	$\Psi(W/m^{\circ}.C)$	$\Delta T (^{\circ}C)$	Calculs	Déperditions en (W)
	Plancher haut	4.9	0.80	16	$4.9*0.80*16$	62.72
	Plancher bas	4.9	0.60	16	$4.9*0.60*16$	47.04
Total						109.76

Chambre 2	Désignation	Longueur (m)	$\Psi(W/m^{\circ}.C)$	$\Delta T (^{\circ}C)$	Calculs	Déperditions en (W)
	Plancher haut	3.9	0.80	16	$3.9*0.80*16$	49.92
	Plancher bas	3.9	0.60	16	$3.9*0.60*16$	37.44
Total						87.36

Cuisine	Désignation	Longueur (m)	$\Psi(W/m^{\circ}.C)$	$\Delta T (^{\circ}C)$	Calculs	Déperditions en (W)
	Plancher haut	3	0.80	16	$3*0.80*16$	38.4
	Plancher bas	3	0.60	16	$3*0.60*16$	28.8
Total						67.2

Hall	Désignation	Longueur (m)	$\Psi(W/m^{\circ}.C)$	$\Delta T (^{\circ}C)$	Calculs	Déperditions en (W)
	Plancher haut	5.8	0.80	16	$5.8*0.80*16$	74.24
	Plancher bas	5.8	0.60	16	$5.8*0.60*16$	55.68
Total						129.92

CHAPITRE II : Méthode de calcul des déperditions

Séjour	Désignation	Longueur (m)	Ψ (W/m ² .C)	ΔT (°C)	Calculs	Déperditions en (W)
	Plancher haut	3.9	0.80	16	3.9*0.80*16	49.92
	Plancher bas	3.9	0.60	16	3.9*0.60*16	37.44
Total						87.36

S.D.B	Désignation	Longueur (m)	Ψ (W/m ² .C)	ΔT (°C)	Calculs	Déperditions en (W)
	Plancher haut	3	0.80	18	3*0.80*18	43.2
	Plancher bas	3	0.60	18	3*0.60*18	32.4
Total						75.6

II.3.3 Déperdition volumique :

L'expression de déperdition volumique (renouvellement d'air) : $DV = 0.34 * V * \Delta T$ II.3

V (volume) = Longueur * Largeur * Hauteur (m³)

❖ Remarque :

0.34 c'est la capacité thermique de l'air

- La hauteur pour chaque pièce :

	Chambre 1	Chambre 2	Cuisine	Hall	Séjour	S.D.B
Hauteur	2.6	2.5	2.5	2.6	2.6	2.3

Chambre 1	Désignation	Volume (m ³)	ΔT (°C)	Calculs	Déperditions en (W)
	Renouvellement d'air	48.15	16	0.34*48.15*16	261.93

Chambre 2	Désignation	Volume (m³)	ΔT (°C)	Calculs	Déperditions en (W)
	Renouvellement d'air	36.85	16	0.34*36.85*16	200.46

Cuisine	Désignation	Volume (m³)	ΔT (°C)	Calculs	Déperditions en (W)
	Renouvellement d'air	28.65	16	0.34*28.65*16	155.85

Hall	Désignation	Volume (m³)	ΔT (°C)	Calculs	Déperditions en (W)
	Renouvellement d'air	45.69	16	0.34*45.69*16	248.55

Séjour	Désignation	Volume (m³)	ΔT (°C)	Calculs	Déperditions en (W)
	Renouvellement d'air	38.43	16	0.34*38.43*16	209.05

S.D.B	Désignation	Volume (m³)	ΔT (°C)	Calculs	Déperditions en (W)
	Renouvellement d'air	20.7	18	0.34*20.7*18	126.68

CHAPITRE II : Méthode de calcul des déperditions

II.3.4 Total des déperditions :

On fait l'ensemble des déperditions surfacique, linéique, volumique.

$$D_T = D_S + D_L + D_V$$

II.4

Les résultats sont donnés dans les tableaux suivants :

Chambre 1	Déperditions surfacique (D_S)	Déperditions linéique (D_L)	Déperditions volumique (D_V)	
	965.28	109.76	261.93	
			Total	1336.97 W

Chambre 2	Déperditions surfacique (D_S)	Déperditions linéique (D_L)	Déperditions volumique (D_V)	
	796.54	87.36	200.46	
			Total	1084.36 W

Cuisine	Déperditions surfacique (D_S)	Déperditions linéique (D_L)	Déperditions volumique (D_V)	
	650.12	67.2	155.85	
			Total	873.17 W

Hall	Déperditions surfacique (D_S)	Déperditions linéique (D_L)	Déperditions volumique (D_V)	
	936.56	129.92	248.55	
			Total	1315.03 W

CHAPITRE II : Méthode de calcul des déperditions

Séjour	Déperditions surfacique (D_s)	Déperditions linéique (D_L)	Déperditions volumique (D_v)
	803.44	87.36	209.05
Total			1099.85 W

S.D.B	Déperditions surfacique (D_s)	Déperditions linéique (D_L)	Déperditions volumique (D_v)
	769.96	75.6	126.68
Total			972.24 W

❖ Conclusion :

La collecte de données climatique et la localisation géographique de la maison nous ont permis d'avoir une prévision sur les températures de base intérieur et extérieur à prendre en considération dans l'étude.

Le calcul des coefficients de transmission surfacique, linéique, volumique repose sur la connaissance des paramètres thermo-physique des matériaux homogènes (plâtre, béton...etc.), et hétérogènes (brique, laine de roche ...etc.) qui compose les parois.

III.1 Partie théorique :

Pour commencer il faut tout d'abord calculer la puissance nécessaire du radiateur pour chauffer les différentes pièces de la maison.

La puissance en nombre de **watts** est un indicateur important pour déterminer le radiateur adapté à nos besoins. Si un radiateur n'a pas assez de puissance, notre pièce ne chauffera pas assez. Si un radiateur a plus de puissance que nécessaire, il gaspille de l'énergie et occupe un plus grand espace que nécessaire.

La puissance requise dépend de 2 facteurs, à savoir la température ambiante souhaitée et la taille de la pièce que nous souhaitons chauffer en **m³**.

❖ Remarque :

Dans notre expérience on va utiliser les **radiateurs** en **aluminium** modèle **500/80 3A**

III.1.1 Puissance des radiateurs :

- **Etape 1 : La température ambiante souhaitée :**

La température ambiante recommandée dans une pièce donnée est une donnée générale. Nous convenons que la règle de base ci-dessous s'applique lorsque nous voulons qu'il fasse chaud dans l'espace concerné.

Tableau III.1 : Température ambiante souhaitée par rapport au nombre requis de watts

Espace	Température recommandée (°C)	Nombre requis de watts par m ³
Chambre 1	22	85 watts
Chambre 2	22	85 watts
Cuisine	22	85 watts
Hall	22	85 watts
Séjour	22	85 watts
S.D.B	24	93 watts

CHAPITRE III : Puissance du radiateur et la chaudière

- **Etape 2 : La taille de la pièce quand souhaite chauffer**

Tout d'abord on doit calculer le volume de chaque pièce après on calcule la puissance des radiateurs.

1- Volume de chaque chambre :

Pour calculer le volume d'une pièce souhaitée on fait le calcul suivant :

$$\text{Longueur} * \text{Largeur} * \text{Hauteur} \text{ (m}^3\text{)} \rightarrow L * b * H \text{ (m}^3\text{)}$$

Tableau III.2 : Volume de chaque chambre

Espace	Volume (m ³)
Chambre 1	48.15
Chambre 2	36.85
Cuisine	28.65
Hall	45.69
Séjour	38.43
S.D.B	20.7

2- Puissance des radiateurs :

Pour calculer la puissance des radiateurs on fait le calcul suivant :

$$\text{Puissance (P)} = \text{Volume (V)} * \text{nombre requis de watts}$$

Tableau III.3 : Puissance des radiateurs par rapport au nombre requis de watts

Espace	Volume (m ³)	Nombre requis de watts par m ³	Puissance (watts)
Chambre 1	48.15	85 watts	4092.75 watts
Chambre 2	36.85	85 watts	3132.25 watts
Cuisine	28.65	85 watts	2435.25 watts
Hall	45.69	85 watts	3883.65 watts
Séjour	38.43	85 watts	3266.55 watts

S.D.B	20.7	93 watts	1925.1 watts
--------------	-------------	-----------------	---------------------

III.1.2 Nombre des radiateurs :

Pour s'avoir combien de **radiateur** il faut placer dans chaque pièce, on va tout d'abord prendre en considération la **puissance des radiateurs**, et aussi **la surface et le volume** de chaque pièce.

Tableau III.4 : Puissance des radiateurs selon la surface et le volume de la pièce

Puissance des radiateurs		
Surface de la pièce	Volume approximatif en m³	Puissance du radiateur en W
Moins de 10 m²	25 m³	750 W
De 10 à 15 m²	35 m³	1000 W
De 15 à 25 m²	50 m³	2000 W

Tableau III.5 : Nombre de radiateur et leur puissance

Désignation	Surface (m²)	Volume (m³)	ΔT(°C) =Tint-(-Text)	Nombre de radiateur et leur puissance
Chambre 1	18.52	48.15	22	2 radiateurs de 1000 W
Chambre 2	14.74	36.85	22	1 radiateur de 1000 W
Cuisine	11.46	28.65	22	1 radiateur de 1000 W
Hall	17.57	45.69	22	1 radiateur de 2000 W

Séjour	14.78	38.43	22	1 radiateur de 1000 W
S.D.B	9	20.7	24	1 radiateur de 750 W

- D'après le résultat du tableau ci-dessus il nous faut **7 radiateurs** en total pour faire chauffer la maison.

❖ **Remarque :**

Pour la **Chambre 1** il est préférable de poser **deux radiateurs** dans cette pièce. Pour des raisons de confort et améliorer la propagation de la chaleur, installer **deux radiateurs de 1000 Watts** plutôt qu'un seul de **2000 Watts**.

III.1.3 Puissance de la chaudière :

Pour assurer la production d'eau chaude sanitaire ainsi que le chauffage de la maison, il est primordial de connaître la **puissance** la plus adaptée à notre logement. Et pour cela il faut connaître si la maison est bien isolée ou pas, on va voir ci-dessous les différents coefficients d'isolation (**U**).

- **Les coefficients d'isolation (U) :**

- **0.3** : isolation exceptionnelle
- **1.15** : maison normalement isolée
- **1.8** : maison non isolée (murs, combles) et à menuiseries simples vitrage [11]

❖ **Remarque :** pour notre exemple de calcul on va prendre le coefficient d'isolation **1.15**

La formule de calcul est la suivante : $P = U \times V \times \Delta T$

III.1

P = Puissance théorique

U = Coefficient d'isolation de la maison

V = Volume de la maison (**surface x hauteur sous plafond**)

ΔT = Différence entre la température extérieure minimum régionale et la température que l'on souhaite avoir dans chaque pièce

CHAPITRE III : Puissance du radiateur et la chaudière

- Pour cette maison normalement isolée, de **93.28 m²**, hauteur sous plafond standard (**2m50**), température souhaité (ambiante) **T_{amb} = 22°C** , température extérieur **T_{ext} = 4°C** , on fait le calcul suivant :

$$U = 1.15$$

$$\Delta T = 22 - 4 = 18^\circ\text{C}$$

$$V = 93.28 * 2.50 = 233.2 \text{ m}^3$$

$$P = 1.15 * 18 * 233.2 = 4827.24 \text{ watts soit environ } 5\text{kw}$$

III.2 Partie expérimentale :

Pour choisir un radiateur ou corps de chauffe, il faut adapter sa taille à la température d'eau fournie par l'équipement, en effet la puissance effective d'un radiateur dépend de la température de l'eau qui y circule. Selon **la norme européenne EN 442**, un équipement de chauffage (chaudière, radiateur ou batterie de chauffe est dimensionné en régime 75°C aller/65 °C retour).

- **La norme européenne EN 442** : : La norme EN 442 certifie la puissance de tous les émetteurs de chaleur utilisés par un système de chauffage central. Cette norme sert à définir les procédures permettant de déterminer la puissance thermique d'un appareil de chauffage alimenté par de l'eau ou de la vapeur, à des températures pouvant atteindre jusqu'à 120°C.

On définit :

Delta T = ((Température d'entrée + Température de sortie d'eau) /2) -
Température ambiante).

$$\text{Delta T} = [(75+65)/2] - 22 = 48^\circ\text{C}$$

III.2

III.2.1 Choix du corps de chauffage :

Le choix du radiateur à placer dans chaque pièce se fait en calculant les pertes thermiques de chaque pièce. Pour plus de détails, un exemple est réalisé concernant la chambre 1 :

III.6 : Choix des corps de chauffe

Modèles	Hauteur (mm)	Largeur d'élément (mm)	Épaisseur D'élément (mm)	Poids (Kg)	Volume d'eau (L)	Émission watt à l'élément ΔT 50K
500/80 3A	578	65	142	6.62	1.13	113

La puissance thermique du radiateur (corrigée) se calcule en appliquant la formule suivante :

$$P_{\text{cor}} = \frac{P}{\left(\frac{\Delta T}{50}\right)^{1.3}} = 3887.16 \text{ [W]} \quad \text{III.3}$$

P : puissance du radiateur égale aux déperditions du local (pour la chambre 1).

ΔT : la différence de température entre température moyenne de l'eau dans le radiateur et la température ambiante du local prise égale à **22°C**.

Le nombre d'éléments du radiateur est déterminé comme suit :

Nombre d'éléments = Puissance corrigé du radiateur /puissance d'un élément

$$\text{Nbr} = 3887.16 / 113 = 34.4 \sim 35 \text{ éléments} \quad \text{III.4}$$

❖ Important :

On a trouvé sur le marché des radiateurs 8 et 12 éléments, pour notre exemple en prends radiateur a **12 éléments**, pour connaitre le nombre de radiateur nécessaire on fait le calcul suivant :

$$\text{Nbr de radiateurs} = 35 / 12 \sim 3 \text{ radiateurs} \quad \text{III.5}$$

• Débit d'eau circulant en chaque radiateur :

Le débit volumique d'eau chaude circulant dans chaque radiateur en fonction de la puissance installée et la différence de température du régime d'écoulement.

$$Q_v = \frac{P_{in}}{\Delta T} \quad \text{[l/h]} \quad \text{III.6}$$

CHAPITRE III : Puissance du radiateur et la chaudière

Sachant que la puissance installée se calcule par :

Puissance installée = Nombre d'éléments x puissance d'un élément

$$\text{Puissance installée} = 35 \times 113 = 3955 \quad [\text{W}]$$

$$P_{in} = 3400.68 \quad [\text{Kcal/h}]$$

❖ **Important :**

$$1 \text{ Kcal/h} \rightarrow 1.163 \text{ W}$$

$$\text{DELTA}(T) = 75 - 65 = 10^\circ\text{C}$$

$$Q_v = \frac{3400.68}{10} = 340.068 \quad [\text{L/h}]$$

• **Volume d'eau du radiateur**

Volume d'eau du radiateur = Volume d'eau d'un élément x nombre d'éléments

$$\text{Volume d'eau du radiateur} = 1.13 \times 35 = 39.55 \quad [\text{L}]$$

Un autre exemple a été réalisé concernant la S.D.B :

Modèles	Hauteur (mm)	Largeur d'élément (mm)	Épaisseur D'élément (mm)	Poids (KG)	Volume d'eau(L)	Émission watt à l'élément ΔT 50K
500/80 3A	2900	40	122	4.05	1.53	165

❖ **Important :** on utilise le modèle **serpentin** pour la S.D.B

❖ ΔT : la différence de température entre température moyenne de l'eau dans le radiateur et la température ambiante du S.D.B prise égale à **24°C**

CHAPITRE III : Puissance du radiateur et la chaudière

Type de radiateur : aluminium : Modèle : 500/80 3A									
	Déperdition [W]	Puissance corrigé [W]	Nbr de radiateurs	Puissance de radiateur [W]	Puissance de radiateur en [Kcal/h]	Nbr d' élément	Largeur [mm]	Le debit [l/h]	Volume d' eau
Chambre 1	1336.97	3887.16	3	3955	3400.68	35	65	340.068	1.13
Chambre 2	1084.36	3152.71	2	3164	2720.55	28	65	272.055	1.13
Cuisine	873.17	2538.69	2	2599	2234.73	23	65	223.473	1.13
Hall	1315.03	3823.37	3	3842	3303.52	34	65	330.352	1.13
Séjour	1099.85	3197.75	2	3164	2720.55	28	65	272.055	1.13
S.D.B	972.24	2524.4	1	2475	2128.11	15	65	212.811	1.53
Puissance Totale				19199					

III.2.2 Calcul de puissance de la chaudière :

La puissance de la chaudière installée est calculée par la formule suivante :

$$P_{\text{chaudière}} = \sum p_r + (10\% \times \sum p_r)$$

III.7

$$P_{\text{chaudière}} = 21118.9 \sim 21119 \quad [\text{W}]$$

CHAPITRE III : Puissance du radiateur et la chaudière

Surface : 93.28 m²

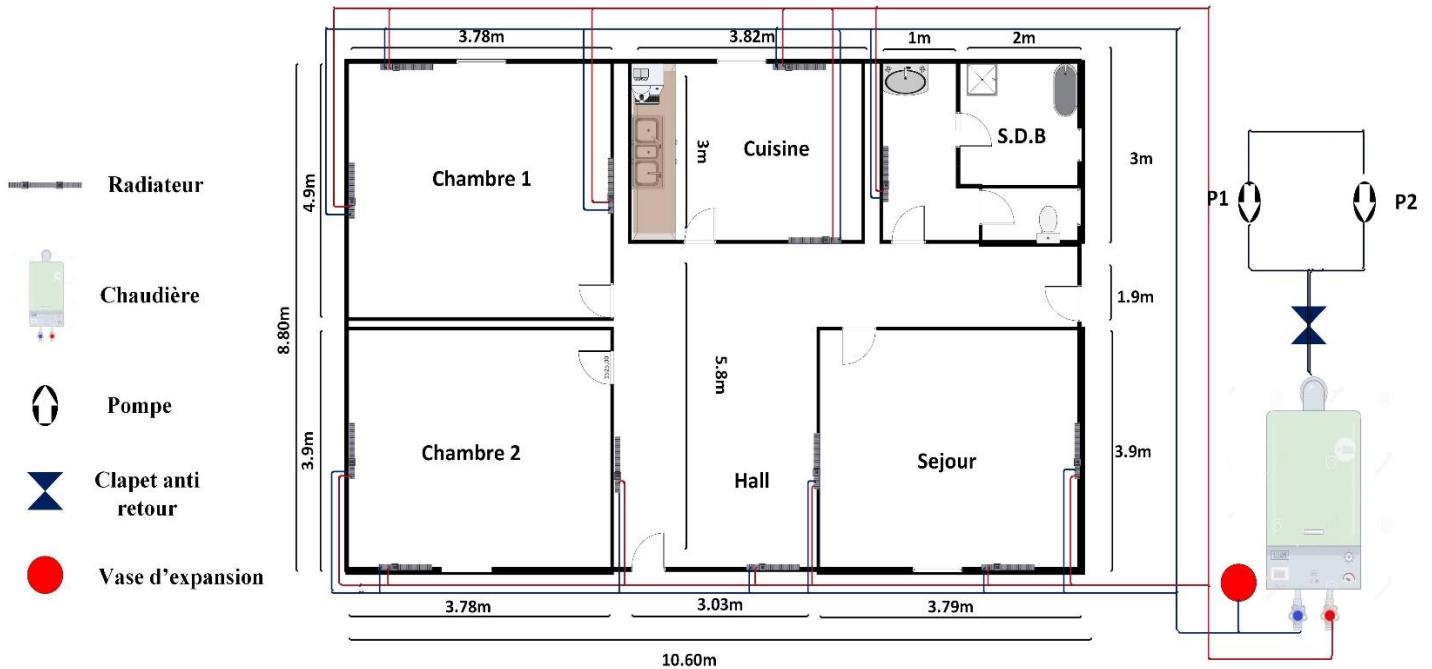


Figure III.2 : Plan final de la maison

➤ Conclusion :

Grace à cette étude on a pu avoir une idée ou une vue globale sur différents types de chaudières et les différents types de circulation et leur principe de fonctionnement. Connaître aussi la puissance de la chaudière nécessaire qui dépend essentiellement du niveau d'isolation de notre habitation.

Conclusion Général

Cette étude a montré combien de fois les chaudières sont nécessaires. La vapeur d'eau, en raison des avantages qu'elle procure, est beaucoup utilisée pour le transport de chaleur.

Les combustibles utilisés dans ces chaudières sont de nature organique, c'est-à-dire qu'ils sont composés de carbone. Ils contiennent des composants combustibles (carbone, hydrogène, soufre) et d'autres composants (oxygène, azote, soufre, etc.).

La nature du combustible utilisé dans une chaudière conditionne la construction de cette chaudière. Elle influe aussi sur le mode d'exploitation. Un kilogramme de vapeur d'eau permet de transporter environ 500kcal. Le traitement approprié de l'eau d'alimentation de chaudière est une partie importante de l'opération du maintien du système.

Le traitement externe est la réduction ou l'élimination des impuretés de l'eau hors de la chaudière. En général, le traitement externe est utilisé quand la quantité de telles ou telles impuretés de l'eau d'alimentation est trop élevée pour être tolérée par le système de chaudière en question.

Il y a différents types de traitement externe (évaporation, désaération, contracteurs à membranes etc. ...) qui peuvent être utilisés pour l'eau d'approvisionnement.

Le traitement interne est le traitement des impuretés à l'intérieur du système de chaudière. Les réactions se produisent dans les lignes d'alimentation ou dans la chaudière. Le traitement interne peut être utilisé seul ou avec un traitement externe. Son but est de réagir correctement avec la dureté de l'eau d'alimentation, d'éliminer les boues, de réduire l'oxygène et d'empêcher le moussage de l'eau des chaudières.

ANNEXE 1 : Coefficients U_k des portes et des fenêtres

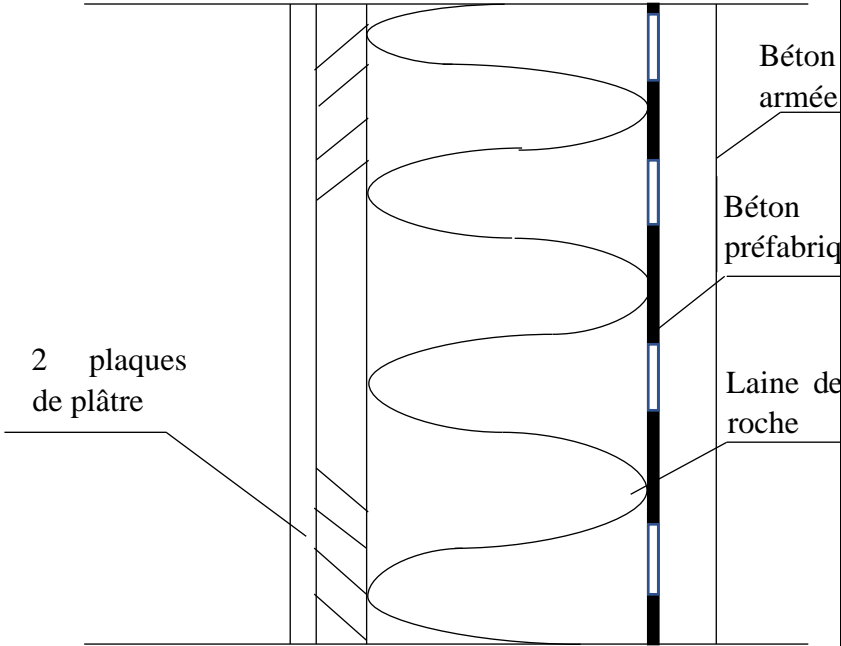
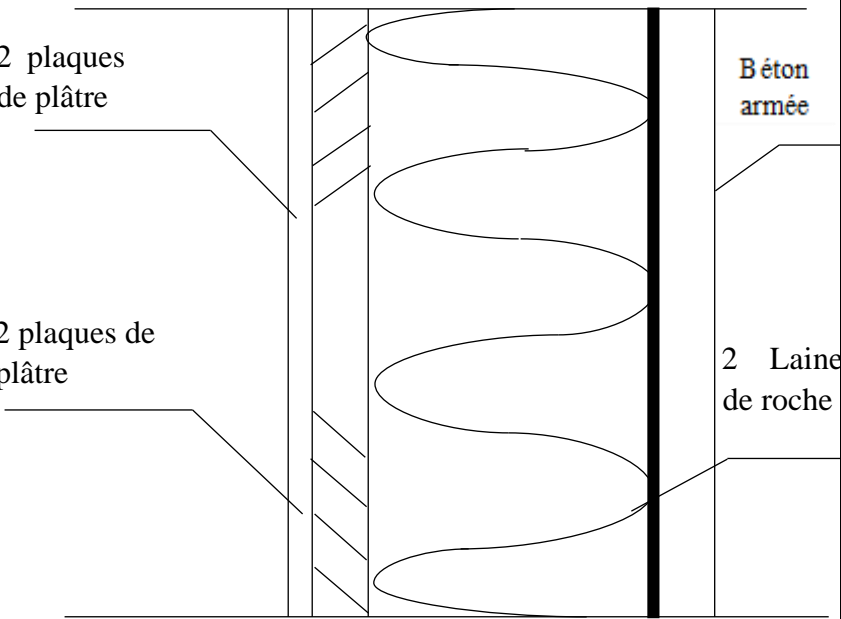
Coefficients U_k des portes

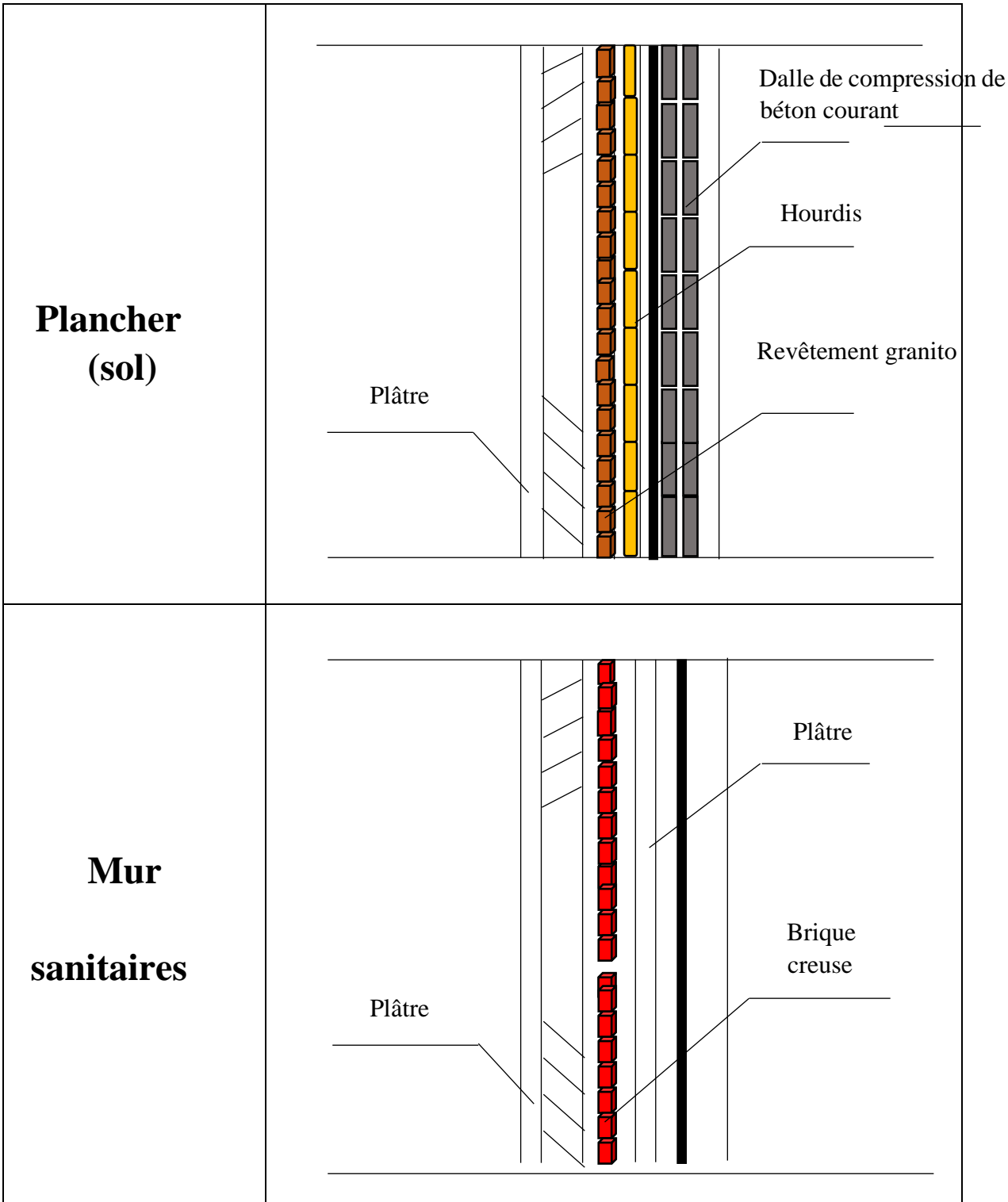
Nature de la menuiserie	Type de porte	U_k porte
Portes simples en bois ou PVC	Porte simple en bois	3.7
	Porte avec moins de 30% de vitrage simple	4
	Porte avec 30-60% de vitrage simple	4.5
	Porte avec double vitrage	3.3
Porte simple en métal	Porte opaque pleine	5.8
	Porte avec vitrage simple	5.8
	Porte avec moins de 30% de double vitrage	5.5
	Porte avec 30-60% de double vitrage	4.8

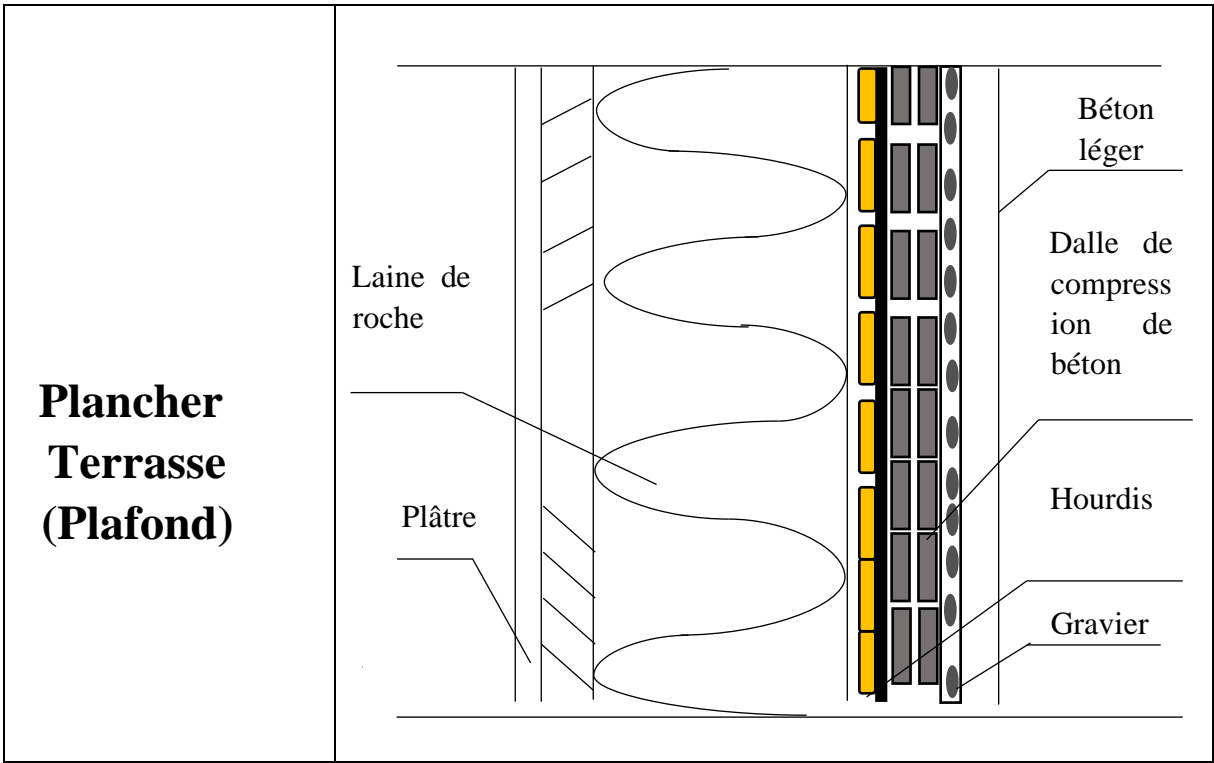
Coefficients U_k des fenêtres

Nature de la menuiserie	Type de porte	U_k fenêtre
Fenêtres simples en bois ou PVC	Fenêtre simple en bois	2.4
	Fenêtre en PVC	1.4
	Fenêtre simple petite dimension (fenêtre sanitaire)	1.2
	Fenêtres PVC double-vitrage	< 2 (inférieurs à 2)
	Fenêtre PVC coulissante	1.5 < 1.6 < 1.7
Fenêtres aluminiums	Fenêtre simple	1.8
	Fenêtre PVC coulissante	1.2 < 1.3 < 1.4

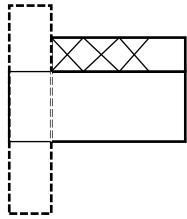
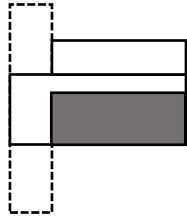
ANNEXE 2 : Table des différentes compositions des murs

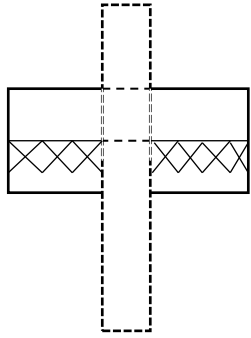
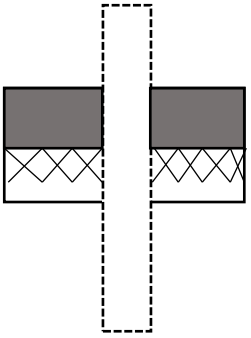
Désignation	Compositions des murs avec schéma
<p style="text-align: center;">Murs extérieur</p>	 <p style="text-align: center;">2 plaques de plâtre</p> <p style="text-align: right;">Béton armée Béton préfabriqué Laine de roche</p>
<p style="text-align: center;">Murs intérieur</p>	 <p style="text-align: center;">2 plaques de plâtre</p> <p style="text-align: center;">2 plaques de plâtre</p> <p style="text-align: right;">Béton armée 2 Laine de roche</p>





ANNEXE 3 : Coefficient de transmission linéique (Ψ) sur le plancher haut et bas

Plancher haut		
Béton simple		Coefficient de transmission linéique Ψ
1		$\Psi = 0.80$
Entrevous béton ou terre cuite		Coefficient de transmission linéique Ψ
2		$\Psi = 0.50$

Plancher bas		
Béton simple		Coefficient de transmission linéique Ψ
1		$\Psi = 0.60$
Entrevous béton ou terre cuite isolé		Coefficient de transmission linéique Ψ
2		$\Psi = 0.40$

- [1]. [En ligne] : LEFRANC-LOISEL Sandrine Groupe AFR, Expert Climatisation, Chauffage, Pompe à chaleur [afr-climatisation.fr]. 2019. France. Université de Nancy.
- [2]. Ben Saada : Transfert de chaleur, 2019. Algérie, Univ Biskra.
- [3]. Mr Mazari. Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments, .2019. Algérie . UMMTO
- [4]. Birembaut Arthur La contribution de Réaumur à la thermométrie, 2020. France A Birembaut .
- [5]. [En ligne] Mr Xavier. Chaleur Sensible. avril 2020., Wékipidia. France, Université de Perpignan.
- [6]. [En ligne] Ben Saada : Transfert thermique, mai2020. Université Biskra. Wékipédia
- [8]. [En ligne] [student.efpbxl.be/] INSTALLATION CHAUFFAGE DOMESTIQUE. juillet 2020.8
- [9]. [En ligne] Mr Xavier. <https://www.fioulmarket.fr>. France. Université de Perpignan.
- [10]. [En ligne]. <https://fr.db-city.com/Algrie--Tipaza--Tipaza--Tipaza>. 2020.10. heures 16h30 .
- [11]. [En ligne]. Yann rogaume. Puissance de la chaudière.[mychauffage.com/] . Septembre. 2020.11.France.
- [12]. [En ligne] : Sofia KORNILIOU influence du rapport d'aspect sur le transfert thermique local" (12/01/2018 - Université d'Edimbourg - Ecosse)
- [13]. Hadrien BAUDUIN : "Contribution expérimentale à l'étude d'écoulements internes avec swirl" (13/06/2014 - UVHC - Campus Mont Houy - Amphithéâtre IEMN DOAE)
- [14]. Aurélien DOLAY : "Développement et caractérisation de fibres piézoélectriques à âme métallique pour applications aéronautiques" (17/12/2013 à 14h - ONERA, Lille)
- [15]. Damien BARBIER : "Etude de la sensibilité aux gradients thermiques des billettes lors d'une phase de réchauffage" (09/12/13 - UVHC - Campus Mont Houy - Amphi Bâtiment CISIT)·
- [16]. Romain BALIEU : "Modèle viscoélastique-viscoplastique couplé avec endommagement pour les matériaux polymères semi-cristallins." (03/12/2012 à 10h - UVHC - Campus Mont Houy - Amphi IEMN/DOAE)
- [17]. **Evangelos BACHAROUDIS** : "Etude expérimentale et théorique du début de l'atomisation des films liquides cisailés horizontaux. (03/12/2012 à 10h – UVHC)

