

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
Université de Djilali Bounaama - Khemis Miliana



**Faculté des Sciences et de la Technologie**  
**Département de Technologie**

Mémoire du Projet de Fin d'Etudes  
Pour l'obtention de diplôme de  
**Master En «Génie Mécanique »Option :« Energétique»**

**Titre :**

**Etude d'une installation de chauffage à eau  
chaude d'une Ecole située dans la wilaya de Ain  
Defla**

**Réalisé par :**

- Benlecheheb Khedidja
- Benallou Nawal

**Encadré par :**

Dr. HEMIS.M

Année universitaire :2017/ 2018

## ملخص

من أجل الحصول على راحة طلابنا ومعلمينا خلال فترة الشتاء ، أصبح التدفئة المركزي بالماء الساخن ضرورة ، خاصة مع تغير المناخ الذي حدث مؤخرا. في هذا السياق ، أجريت دراسة لنظام تدفئة الماء الساخن لتدفئة غرف الدراسة في مدرسة ابتدائية. تقع الوسائل المؤسسية التي تم دراستها في منطقة عين الدفلة (المنطقة المناخية ب). للقيام بذلك ، تم تبني الطريقة التي قدمتها الوثيقة التنظيمية الجزائرية للحساب الحراري . مما أتاح تحقيق أهداف هذه الدراسة.

## المفاتيح

التدفئة بالماء الساخن. فقدان الحرارة . سكن (طابق ارضي+ علوي) . الوثيقة التنظيمية الجزائرية

## Résumé :

Afin d'obtenir le confort de nos élèves et de nos enseignants durant la période hivernale le chauffage central à eau chaude est devenu une nécessité, surtout avec le changement climatique signaler ces derniers temps. Dans ce contexte, une étude du réseau de chauffage à eau chaude a été menée afin de chauffer les salles d'études d'une école primaire. Les moyens institutionnels étudiés sont situés dans la zone de Ain Defla (zone climatique B'). Pour ce faire, la méthode donnée par le document technique réglementaire algérien (DTR-C32) a été adoptée pour le calcul thermique des différents paramètres, ce qui a permis d'atteindre les objectifs de cette étude.

Mots clés : chauffage a eau chaude,déperditions thermiques,DTR-C32,Habitation R+1

## Abstract:

In order to get the comfort of our students and our teachers during the winter period central heating with hot water has become a necessity, especially with the recent climate change signal. In this context, a study of the hot water heating system was conducted to heat the study rooms of a primary school. The institutional means studied are located in the area of Ain Defla (climate zone B'). To do this, the method given by the Algerian regulatory technical document (DTR-C32) was adopted for the thermal calculation of the various parameters, which made it possible to achieve the objectives of this study.

Keywords: hot water heating,thermal losses,House R +1,Algerian regulatory technical document

## **Remerciements**

*Tout d'abord, nous voulons remercier ALLah, le Tout-Puissant, qui nous a donné la force et la patience pour accomplir ce travail.*

*En second lieu, nous voudrions remercier notre encadreur Dr HEMIS.M, ses précieux conseils et son aide pendant toute la période de réalisation de cette étude.*

*L'issue de stage, nous tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon acheminement de cette formation.*

*Nous remerciant Mr AIT AMRANE.A, ainsi que tout le personnel de le bureau d'étude SETEM pour leur orientation et accueil sympathique lors des jours précédant le stage.*

*Nous voulons remercier tout les profs de cette année, pour la gentillesse et la patience, et pour tous les conseils et programmes qu'ils a bien voulu m'envoyer.*

*Nos sincères remerciements vont également aux membres du jury pour leur intérêt pour notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir de leurs propositions.*

*Enfin, nous aimerions également remercier tous ceux qui ont participé à ce travail de près ou de loin et surtout l'ingénieur Kasmi bensoultane Samir, benarabi younes et l'architecteur Reguieg bellarbi ibtissem.*

## *Dédicaces*

*À mes chers parents*

*Mohammed et Nacira , pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études*

*À mes chères frères et ma soeur (Ahmed Amine, Yacine et Amina), ma proche amie et ma sœur Nawal pour leurs encouragements constants et leur soutien moral*

*À toute ma famille(BENLECHEHEB et CHAOUI) pour son soutien tout au long de ma carrière universitaire,  
Puisse ce travail être l'accomplissement de vos vœux, si bien, et échapper à votre soutien infailible,*

*Merci d'être toujours là pour moi*

## **Dédicace :**

*Je dédie ce mémoire à :*

*Ma mère, qui œuvré ma réussite, de par son amour, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils. Pour toute sont assistance dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de éternelle gratitude.*

*Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles l'éducation et la solution permanent venu de toi.*

*A ma chère soeur Amina, Mes petits frères Mohamed et miloud qui a toujours été passionnée par mes conseils et motivante pour mes études.*

*Pour ma copine et mon collègue au travail Khadidja.*

*Et ma proche amie Abir,*

*A tout mes aimes qui n'ont cessé de m'encourage,*

# Sommaire

Résumé.....	I
Remerciements.....	II
Dédicaces.....	III
Liste des figures.....	IV
Liste des tableaux.....	V
Liste des symboles.....	VI
Introduction générale.....	1

## *Chapitre I : généralités sur le chauffage thermique.*

I-1 Historique du chauffage de bâtiment .....	3
I-2 Le confort thermique.....	3
2.1 Paramètres de confort thermique.....	4
I-3 Le chauffage .....	5
I-4 Les systèmes de chauffage .....	5
I-5 Modes de transfert de chaleur.....	6
I-6 Types d'installations de chauffage.....	9
I-7 Organes d'une installation de chauffage .....	10
I-8 Les différents systèmes de distribution de chaleur .....	18
I-9 Régulation de système de chauffage .....	20

## *Chapitre II : principes généraux et méthodes de calcul des déperditions.*

II-1 Introduction .....	22
II-2 Document technique réglementaire (DTR-C32).....	22
II-3 Formulations mathématiques.....	22
II-4 Les déperditions surfaciques par transmission à travers une paroi.....	23
II-5 Déperditions linéique.....	26

II-6	Déperditions par transmission à travers les parois en contact avec le sol.....	26
II-7	Déperdition à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés.....	27
II-8	Déperditions par renouvellement d'air.....	27
II-9	Vérification de l'isolation et calcul de déperditions de références.....	28
II-10	Calcul des déperditions de base.....	33
II-11	Puissance de chauffage.....	34

***Chapitre III : calculs de déperditions et estimation de la puissance de chauffage.***

III-1	Introduction.....	36
III-2	Détermination des coefficients de transmission thermique surfacique.....	36
III-3	Dimensionnements et de géométries des différents locaux.....	42
III-4	Calcul des déperditions thermiques.....	45
III-5	Puissance de chauffage.....	49
III-6	Conclusion.....	50

***Chapitre IV : Calcul du réseau thermique.***

IV-1	Introduction.....	52
IV-2	Réseau à eau chaude.....	52
IV-3	Tuyauteries appliquées dans un réseau (acier noire).....	52
IV-4	Régime de Température.....	52
IV-5	Le choix du corps de chauffage .....	53
	• Débit d'eau circulant en chaque radiateur.....	53
	• Volume d'eau du radiateur.....	54
	• Longueur de radiateur.....	54

IV-6 Le choix de la chaudière et de bruleur.....	57
IV-7Détermination du diamètre de la tuyauterie.....	57
IV-8Calcul Hydraulique.....	57
IV-8-1 Pertes de charge linéaires et singulières.....	58
IV-8-2Dimensionnement des pompes.....	59
IV-8-3 Dimensionnement de l'adoucisseur d'eau.....	59
IV-8-4Dimensionnement du vase d'expansion.....	60
IV-8-5Dimensionnement de ventilation de la chaufferie.....	61
IV-8-6 Conclusion.....	61
Devis quantitatif et estimatif.....	63
Conclusion générale.....	70
Références bibliographiques.....	71



## *Liste des figures*

<b>Figures°N</b>	<b>Titre des figures</b>	<b>Pages</b>
I.1	Confort thermique dans un local d'habitation	3
I.2	Mode de transfert de chaleur par conduction.	6
I.3	Mode de transfert de chaleur par convection naturelle.	7
I.4	Mode de transfert de chaleur par convection forcée.	7
I.5	Mode de transfert de chaleur par rayonnement	8
I.6	Radiateur à eau chaude	10
I.7	Schéma d'une chaudière à eau chaude	12
I.8	La sonde de la température.	13
I-9	Une soupape de sécurité.	14
I.10	Un vase d'expansion.	14
I.11	Purgeur et Bouteille de purge	15
I-12	Schéma de principes des organes de réglages	16
I.13	Composants de système de chauffe	18
I.14	Systèmes de distribution de la chaleur.	19
II.15	Température d'un simple vitrage.	30
II.16	Température d'un double vitrage.	30
II.17	Température d'un double vitrage basse émissivité.	31

## *Liste des Tableaux*

<b>Tableaux N°</b>	<b>Titre des Tableaux</b>	<b>Pages</b>
II.1	Résistance thermique d'une lame d'air	24
II.2	Les coefficients ( $K_{vn}$ ) fonction du type de vitrage, de la nature du matériau, sa position et son épaisseur	25
II.3	Le coefficient (K) des portes	26
II.4	Le débit spécifique de ventilation	28
II.5	Les coefficients a, b, c, d, e pour un logement individuel ou collectif	29
II.6	Température extérieure de base	34
III.1	Calcul du coefficient (K) d'un mur extérieur double cloisonnement d'épaisseur 33.5cm	37
III.2	Calcul du coefficient (K) du vitrage en contact avec l'extérieur	37
III.3	Calcul du coefficient (K) du poteau en contact avec l'extérieur	38
III.4	Calcul du coefficient(K) d'un mur intérieur simple cloison d'épaisseur 14cm	38
III.5	Calcul du coefficient(K) pour les poteaux en contact avec l'intérieur	39
III.6	Calcul du coefficient (K) du plancher	39
III.7	Calcul du coefficient (K) du plancher entre étage	40
III.8	Calcul du coefficient (K) de la terrasse	40
III.9	Calcul de coefficient (K) pour les portes en bois stratifié en contact avec l'extérieur	41
III.10	Calcul de coefficient (K) pour les portes en bois stratifié en contact avec l'intérieur	41
III.11	Calcul de coefficient (K) pour le plancher sous comble isolé	42

III.12	Dimensionnements et géométrie des locaux du réez de chaussée	42
III.13	Géométries des parois, fenêtres et portes du réez de chaussée	43
III.14	Dimensionnements et géométrie des locaux de 1 <sup>er</sup> étage	44
III.15	Géométries des parois, fenêtres et portes de 1 <sup>er</sup> étage	45
III.16	Calcul des déperditions thermiques du Rez-de-chaussée(RDC)	48
III.17	Calcul des déperditions Thermique du 1 <sup>er</sup> étage	49
IV.1	Choix des corps de chauffage	53
IV.2	Choix des corps de chauffage pour le 1 <sup>er</sup> étage	55
IV.3	Choix des corps de chauffage pour réz de chausse	56
IV.4	Détermination du diamètre de la tuyauterie	57
IV.5	Calcul des pertes de charge du RDC	58
IV.6	Calcul des pertes de charge du 1 <sup>er</sup> étage	59

## *Liste des symboles*

<b>Symboles</b>	<b>Titre des symboles</b>	<b>Unité</b>
Q	Flux de chaleur	W
$\lambda_i$	Conductivité thermique	W/m <sup>2</sup> .°C
S	La surface de paroi	m <sup>2</sup>
e	Epaisseur de la paroi	m
h	Le coefficient d'échange	W/m <sup>2</sup> .°C
T <sub>p</sub>	Température de la paroi	°C
T <sub>∞</sub>	Température de l'air ambiant	°C
$\varepsilon$	Le facteur d'émission de la surface	/
$\sigma$	Constante de la stefan boltzmann :5.65×10 <sup>-8</sup>	W/m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup>
D <sub>i</sub>	Déperdition thermique totales	W/°C
D <sub>Ti</sub>	Déperditions par transmission du volume i.	W/°C
D <sub>Ri</sub>	Déperditions par renouvellement d'air du volume i.	W/°C
D <sub>Si</sub>	Déperdition surfacique.	W/°C
D <sub>li</sub>	Déperdition à travers les liaisons.	W/°C
D <sub>sol</sub>	Déperdition à travers les parois en contact avec le sol.	W/°C
D <sub>Inc</sub>	Déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés	W/°C
D <sub>Rv</sub>	Déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation.	W/°C
D <sub>RS</sub>	Déperditions supplémentaire dues au vent	W/°C
D <sub>ref</sub>	Déperditions de référence.	W/°C
K	La conductance thermique	W/m <sup>2</sup> .°C
A	La surface intérieure de la paroi.	m <sup>2</sup>
S <sub>p</sub>	La surface de paroi en contact avec l'extérieur	m <sup>2</sup>
S <sub>pc</sub>	La surface de paroi en contact avec un comble	m <sup>2</sup>
S <sub>pvs</sub>	La surface de paroi en contact avec un vide sanitaire.	m <sup>2</sup>

$S_{por}$	La surface des portes	$m^2$
$S_{porf}$	La surface des fenêtres et les portes fenêtres	$m^2$
a, b, c, d, e	Des coefficients dépendent de la nature d'immeubles et la zone climatique.	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
$R_{th}$	La résistance thermique	$m^2 \cdot ^\circ C/W$
$K_{VN}$	La Coefficient K du vitrage nu.	$m^2 \cdot ^\circ C/W$
$r_v$	La résistance supplémentaire des voilages éventuels.	$m^2 \cdot ^\circ C/W$
$R_{occ}$	La résistance supplémentaire des occultations	$m^2 \cdot ^\circ C/W$
$e_{occ}$	L'épaisseur d'occultation.	m
$T_{au}$	Le Coefficient de réduction de température.	$^\circ C$
L	La longueur intérieure du plancher	m
$T_i$	La température intérieure.	$^\circ C$
$T_n$	La température de l'espace non chauffé.	$^\circ C$
$T_e$	La température extérieure	$^\circ C$
$Q_v$	Le débit spécifique de ventilation.	$m^3/h$
$Q_s$	Le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent.	$m^3/h$
$V_h$	Le volume habitable.	$m^3$
$Q_{Vref}$	Le débit extrait de référence.	$m^3/h$
$Q_{Vmin}$	Le débit extrait minimal de référence.	$m^3/h$
$Q_{Vmax}$	Le débit extrait maximal de référence.	$m^3/h$
D	Le diamètre de la conduite parcourue.	m
$\rho$	La masse volumique de fluide	$Kg/m^3$
v	La vitesse parcourue de fluide.	m/s
Pc	Puissance de chauffe	W

$p_e$	La puissance de l'élément.	W
$p_r$	La puissance de radiateur	W
$p_a$	La puissance installée	W
$\Delta P_L$	Les pertes des charges linéaires.	Pa
$\Delta P_s$	Les pertes des charges singulières	Pa
$\Delta P_T$	Les pertes des charges totales	Pa
$P_{cor}$	Puissance corrigé	W
$D_{int}$	Diamètre de tuyauterie	m
$\xi$	Coefficient des pertes des charges singulières	/
$Q_v$	Débit volumique	L/h
$Q$	Débit volumique des pompes	m <sup>3</sup> /h
$n$	dilatation de l'eau	%
$V_r$	Contenance résiduelle	L
$V_n$	Volume de vase d'expansion	L
$S$	Section de la cheminée	m <sup>2</sup>
$H$	La hauteur de la cheminé	m
$h$	La hauteur de l'école	m
$S_{v\ haute}$	Section de la ventilation haute	m <sup>2</sup>
$S_{v\ basse}$	Section de la ventilation basse	m <sup>2</sup>
$CE$	Capacité de l'adoucisseur	m <sup>3</sup> .°F
$TH_{AT}$	La dureté de l'eau	°F



# *Introduction générale*

# Introduction générale

---

## Introduction générale

Compte tenu des changements climatiques signalés ces dernières années et des conditions météorologiques extrêmes dans les régions intérieures de notre pays (Algérie) ; Les Algériens souffrent du froid extrême en hiver, car les anciens systèmes de chauffage (chauffage au combustible solide et / ou liquide) ne sont plus en mesure de répondre à leurs besoins thermiques pour assurer le confort des occupants des locaux résidentiels ou scolaires, administratifs ou autres.

La politique algérienne pousse ses citoyens à adopter des systèmes de chauffage collectifs ou individuels récents pour tout bâtiment d'habitation, administration ou d'éducation. Les systèmes de chauffage à eau chaude à gaz naturel sont les plus favorisés dans notre pays compte tenu de l'abondance de ce combustible et de son bas prix. Ces systèmes peuvent satisfaire le confort thermique des occupants dans la saison hivernale, cela seulement si un bon dimensionnement est élaboré. C'est dans ce contexte que la présente étude a été menée.

Une étude de conception d'un système de chauffage à eau chaude pour une école (R + 1) sera réalisée ce qui permettra sans doute d'acquérir de l'expérience pour la réalisation d'installations de chauffage basée sur le document technique réglementaire Algérien (DTR C32). Le calcul de déperditions sera l'un des objectifs de ce travail. Ces dernières permettront le dimensionnement des radiateurs de chaque pièce et le dimensionnement de la chaudière à utiliser pour chauffer l'eau. Le dimensionnement d'autres composants tels que la pompe, le vase d'expansion et les accessoires de contrôle et de mesure seront étudiés.

L'objectif principal de cette étude est de dimensionner un système de chauffage à eau chaude d'une école située dans région de Ain Defla, exactement dans la zone B '.

Pour atteindre les objectifs tracés, ce mémoire a été structuré comme suit :

Une introduction générale ; une partie développement composée de:

Chapitre I : généralités sur le chauffage thermique,

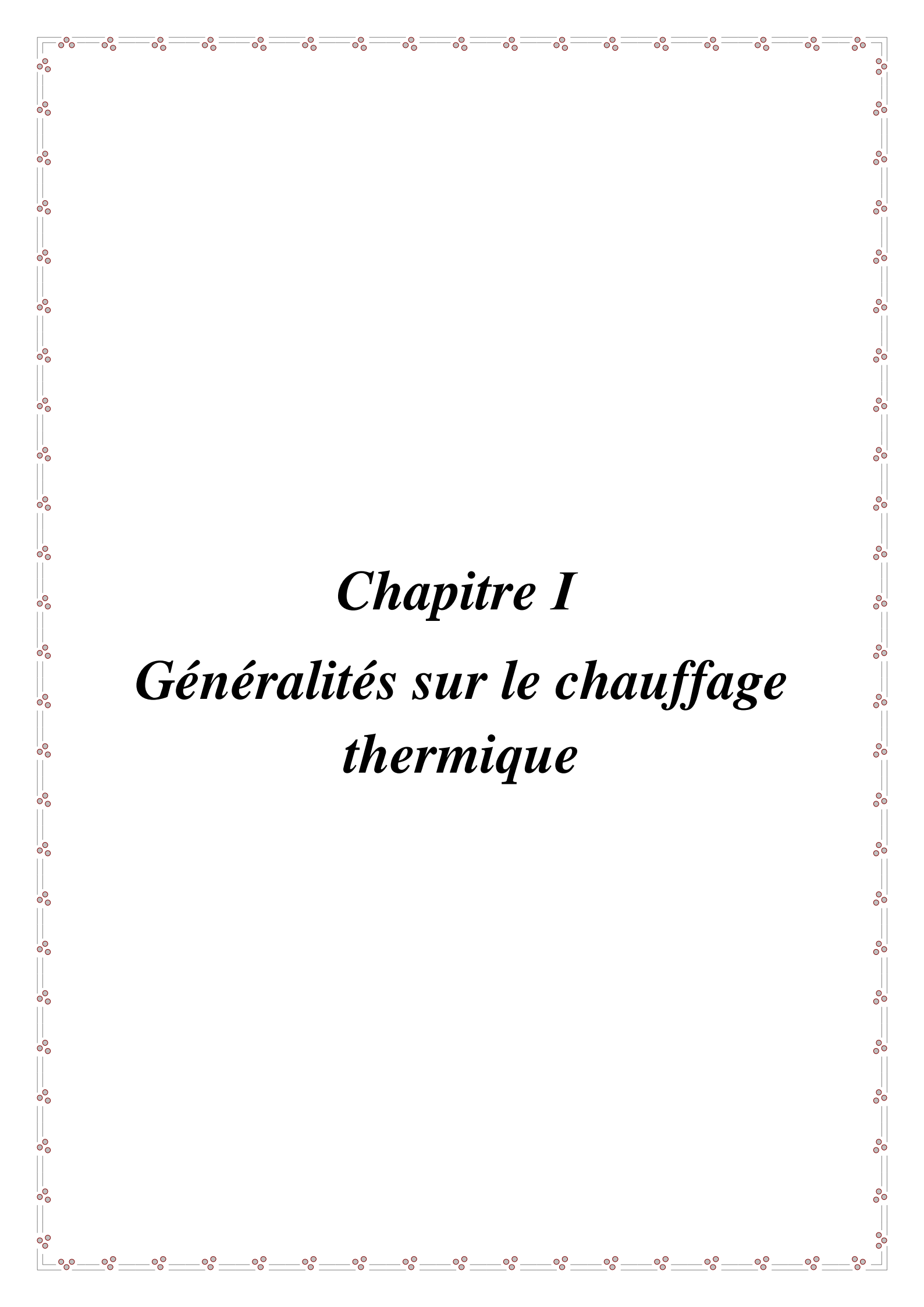
Chapitre II : Principes généraux et méthodes de calcul des déperditions,

Chapitre III : Calcul des déperditions et estimation de la puissance de chauffage,

Chapitre IV : Calcul du réseau thermique,

enfin une conclusion générale.





*Chapitre I*  
*Généralités sur le chauffage*  
*thermique*

### I-1 Historique du chauffage de bâtiment

Au XVIII siècle, l'homme a essayé les premières installations de chauffage central à vapeur ; par la suite, la vapeur a été remplacée par de l'eau chaude. En 1970, le chauffage électrique se développe dû à l'augmentation du prix de pétrole. Enfin, la sensibilisation à l'environnement dans les années 1990 stimule la création de systèmes de chauffage en exploitant les énergies dites renouvelables qui répondent aux préceptes du développement durable : panneaux photovoltaïques, sources géothermiques basées sur les sources de chaleur de la croûte terrestre.

### I-2 Le confort thermique

Le confort thermique veut dire la sensation à la chaleur et à l'humidité dans un environnement donné et dans une saison donnée. En hiver, un bon confort doit garantir une sensation suffisante de chaleur. Tandis qu'en été, le confort doit limiter cette chaleur pour éviter les surchauffes. Le confort thermique donc, un état de satisfaction du corps humain contre l'environnement thermique.[1]

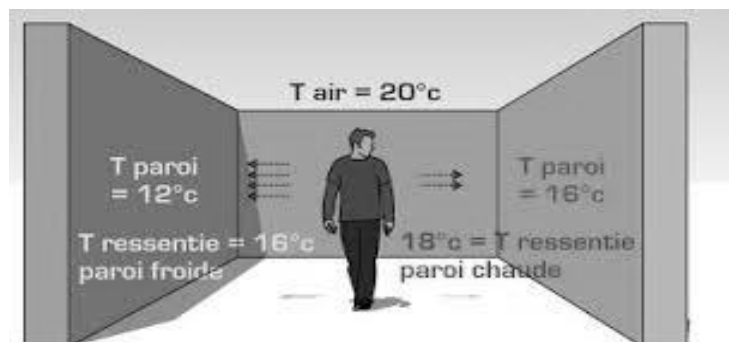


Figure I.1 Confort thermique dans un local d'habitation [2]

## **2.1 Paramètres de confort thermique :**

*Il existe six paramètres essentiels du confort thermique :*

### **- 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 :**

Le corps humain produit de la chaleur interne pour maintenir celui-ci autour de 36,7°C. Un métabolisme de travail correspondant à une activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos. Le niveau d'activité varie en fonction de sa sensibilité à son activité.

### **- 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.

### **- L'humidité relative de l'air :**

L'humidité relative de l'air est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température et la quantité maximale d'eau contenue à la même température. Un taux d'humidité situé entre 30% et 70% permet un confort thermique normal.

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

La vitesse de l'air dans un local diminue la sensation de confort. Cette vitesse ne devrait pas dépasser les 0.2m/s à 0.3m/s.

### **- L'habillement :**

L'habillement présente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement, tout comme l'isolation d'une maison en créant une résistance thermique qui conserve la chaleur à l'intérieur.[1]

**I-3 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, fioul, électricité, charbon, soleil.ect.), 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. On distingue deux types de chauffage : le premier à des fins de confort thermique et le deuxième à des fins industrielles. [3]

**I-4 Les systèmes de chauffage**

Un système de chauffage assure la production de la chaleur, l'émission par un réseau de distribution et la régulation dans tous les locaux. Tous les éléments techniques et thermiques sont liés entre eux. Il existe trois systèmes de chauffage fondamentaux :

**I-4.1 Chauffage individuel :**

Le chauffage individuel est un chauffage d'une pièce par un ou plusieurs appareils de chauffage qui sont installés. Ces appareils de chauffe transformeront l'énergie pour chauffer une pièce. Il permet non seulement de choisir son énergie pour se chauffer (électricité, gaz, fioul,) mais aussi de maîtriser sa consommation selon ses envies, à l'aide de systèmes de régulation sophistiqués.

**I-4.2 Chauffage central :**

Le chauffage central désigne le mode de chauffage par lequel un ensemble de pièces est chauffé au même temps ; cela, à partir d'un seul générateur de chaleur appelé chaudière. La chaleur est acheminée au moyen d'un fluide caloporteur (eau chaude) dans des tuyaux vers les corps de chauffe situés dans les différents locaux. [3]

***Avantages du chauffage central :***

- Cout d'investissement faible,
- Pollution atmosphérique réduite.

**I-4.3 Chauffage collectif :**

Le chauffage collectif est un système écologique produisant de la chaleur de manière centralisée. Cette dernière est ensuite distribuée dans un rayon déterminé en vue de garantir l'approvisionnement en chauffage et en eau chaude sanitaire à tout type d'utilisation. [3]

**Avantages chauffage collectif :**

- Des économies liées au stockage et à l'achat du combustible nécessaire au chauffage,
- Des économies en surface habitable.

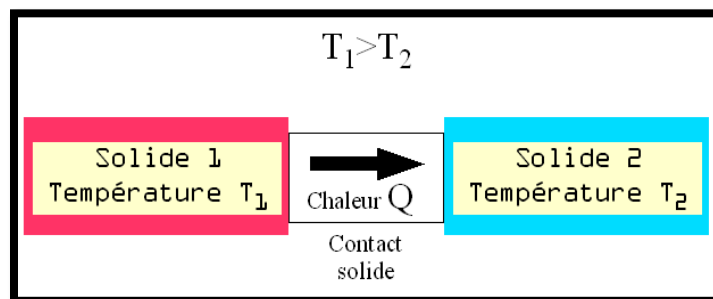
**I-5 Modes de transfert de chaleur**

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 :

**I-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 dans l'air ou un liquide par contact direct entre les molécules de façons aléatoire conduisant à des chocs à l'échelle microscopique. Dans un solide ou fluide immobilisé, la vibration des atomes autour de leur position d'équilibre dans le solide se transmet de proche en proche.

$$Q_c = - \lambda \times S \text{ grad } (T) \quad [W] \quad (I.1)$$



**Figure I.2 Mode de transfert de chaleur par conduction.**

### I-5.2 Mode de transfert de la 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 au mouvement (air ou eau). Deux types de convection existent :

#### - *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 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

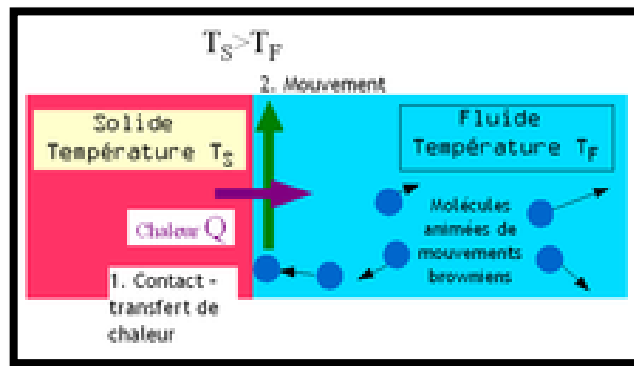


Figure I.3 Mode de transfert de chaleur par convection

#### - *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.

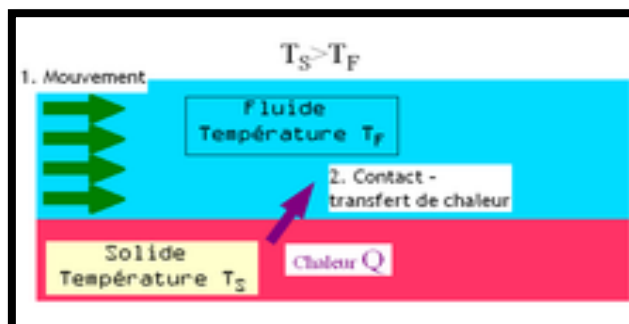


Figure I.4 : Mode transfert de chaleur par convection forcée

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

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

Où

$h$ : est le coefficient de transfert

$S$  : surface d'échange

$T_p$  température de la paroi

$T_{\infty}$  : 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. Quelque soit la température du corps qui émet le rayonnement, le flux de chaleur est donné par la formule de Boltzmann :

$$Q = \varepsilon \times S \times \sigma \times T^4 \quad [\text{W}] \quad (\text{I.3})$$

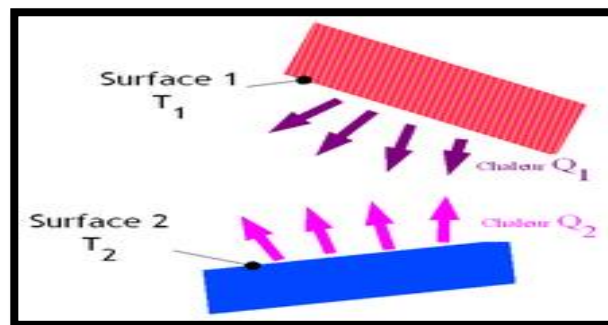


Figure I-5 Mode de transfert de chaleur par rayonnement

**I-6 Types d'installations de chauffage****I-6.1 Installation de chauffage à eau chaude :**

Une installation de chauffage central à eau chaude se compose généralement d'une à deux chaudières reliées à un conduit d'évacuation des gaz de combustion, d'un réseau de tuyauteries, d'un ensemble de corps de chauffe distribué dans les différents locaux à chauffer et d'un système de régulation servant à contrôler la production de chaleur. En plus, un vase d'expansion pour maintenir l'équilibre thermique de l'installation.

**I-6.2 Installation de chauffage à air chaud :**

L'installation de chauffage à air chaud est un système de chauffe des bâtiments. Dans ce cas, l'air chaud est distribué au moyen de conduits alimentant les différentes pièces. L'air de ces installations est souvent chauffé par un générateur et propulsé par un ventilateur à travers un réseau de conduits vers les pièces à chauffer.

**Avantages :**

- Le système est très réactif.

**Inconvénients :**

- Le ventilateur peut parfois être bruyant si l'installation est déficiente ;

**I-6.3 Installation de chauffage à combustible :**

Le chauffage à combustibles se répartit en trois grandes catégories selon l'état physique dans les conditions standard de température et de pression. Les combustibles utilisés sont :

- Les combustibles solide (charbon, bois...)
- Les combustibles liquides (GPL, fioul lourd)
- Les gaz combustibles, le gaz naturel constituant à lui une source d'énergie primaire.

Le chauffage à combustible du gaz ou du fioul dégage des gaz toxiques (CO, NO, NO<sub>2</sub>), il est donc indispensable de les évacuer hors logement. Les gaz de combustible sont directement rejetés dans la pièce. [3]



**I-7 Organes d'une installation de chauffage**

Un système de chauffage se compose d'éléments formant un circuit de chauffage et assurant une distribution efficace de la chaleur dans les locaux, on cite :

**I-7.1 Le générateur de chaleur :**

Le générateur de chaleur représente le premier élément d'un système de chauffe. Il permet le transfert de chaleur de la combustion vers l'eau de chauffage. Grâce à des échangeurs de hautes performances et d'excellentes isolations thermiques, ce générateur réduit au minimum les pertes énergétique.

**I-7.2 Les radiateurs (corps de chauffes) :**

Le radiateur est un dispositif permettant l'échange de chaleur entre deux ambiances. Il a pour fonction d'évacuer la chaleur d'un objet pour éviter la surchauffer, ou la fonction de chauffer un espace. [3]



**Figure1.6 Radiateur à eau chaude**

Il existe plusieurs types de radiateurs sur le marché, on trouve :

- **Les radiateurs en fonte :**

Leur principal avantage 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 contrepartie, la montée en température d'un radiateur en fonte est longue. Parmi les inconvénients, on peut également citer la masse importante du radiateur est son cout élevé. Le radiateur en fonte était le radiateur de référence. [4]

- **Les 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. Parmi les avantages de ce radiateur est qu'il est léger et moins couteux qu'un radiateur en fonte. [4]

- **Les radiateurs en aluminium :**

Le troisième type de radiateur à eau est celui en aluminium, c'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 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. [4]

### **I-7.3 Les 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 suivant : [5]

- ✓ **Classification par la température de l'eau :**

- **Chaudière à basse température :**

La chaudière à basse température est une chaudière dite écologique. Elle fonctionne à une température d'eau très faible en se comparant à d'autres systèmes de chauffe. Le but est de limiter la température minima pour rejeter les fumées à des températures plus basses et assurer un meilleur rendement. Le rendement d'une chaudière à basse température est un peu plus élevé de l'ordre de 90%.

- **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.[4]

- ✓ **Classification par types de fluide caloporteur :**

- L'eau chaude est utilisée dans les systèmes de chauffe de locaux d'habitation.
- L'eau surchauffée est utilisée dans les processus industriels.

*La vapeur d'eau :*

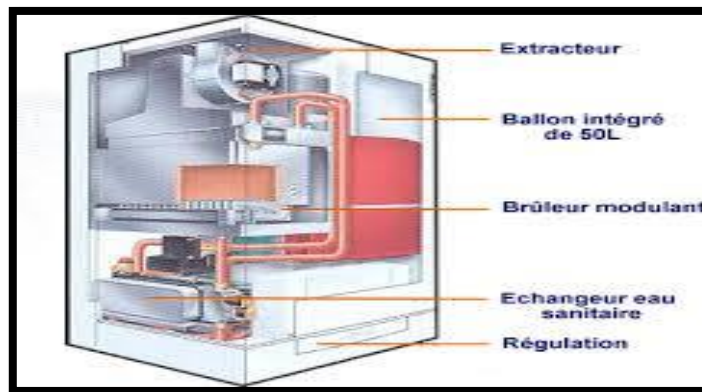
- La vapeur saturée est utilisée dans les procédés industriels.
- La vapeur surchauffée sert principalement dans la production de l'électricité par des turbines ;

- ✓ **Classement par type de circulation :**

- **A circulation naturelle :** la circulation de l'eau dans une chaudière est très importante pour éviter la formation des zones sèches où le métal est susceptible de fondre et se déformer sous l'effet de la chaleur.

- **A circulation assistée :** progressivement la pression de fonctionnement des chaudières s'élève, pour obtenir de meilleurs rendements.

- **A circulation forcée :** on distingue les petites chaudières de chauffage central, de la chaudière industrielle ou de centrales thermiques à haute pression.[3]



**Figure I-7 Schéma d'une chaudière à eau chaude**

**I-7.4 Les organes de fonctionnement :**

- ***Vanne 3 ou 4 voies :***

Les vannes 3/ou/ 4 voies sont des organes de régulations de la température du circuit. Le principe consiste à mélanger l'eau de départ et celui du retour du circuit, pour obtenir une température souhaitée.

- ***Le circulateur ou pompe :***

Le circulateur est un organe indispensable au fonctionnement du circuit. Il crée une circulation d'eau afin de transporter la chaleur du générateur aux émetteurs. La pompe se place généralement sur le départ du circuit.

- ***La vanne d'isolement :***

La vanne d'isolement permet d'isoler un organe tel que la pompe ou de fermer l'arrivée d'eau dans un tronçon du circuit.

- ***Le robinet de réglage :***

Le robinet de réglage permet de réguler le débit d'eau dans les différents émetteurs pour équilibrer l'installation. Il limite la circulation de l'eau dans les émetteurs proches de la chaufferie.

**I-7.5 Les organes de contrôle :**

- ***La sonde de température :***

La sonde de température permet de mesurer et de contrôler la température de l'eau du circuit à un point précis et ainsi de transmettre cette information au régulateur.



**Figure I-8 Sonde de température**

- **Manomètre :**

Le manomètre est un appareil de mesure permet de lire la pression du circuit du chauffage ou dans tout autre circuit soumis a pression. Cet organe est fragile et obligatoire. Il est généralement situé dans un endroit visible et proche du remplissage d'eau du circuit pour vérifier la pression.

### I-7.6 Les organes de sécurité :

- **Soupape de sécurité :**

La soupape de sécurité est obligatoire et indispensable pour garantir la sécurité de l'installation. Elle s'ouvre et libère le trop plein lorsque la pression du circuit dépasse les 3 bars.



**Figure I-9** soupape de sécurité

- **Le vase d'expansion :**

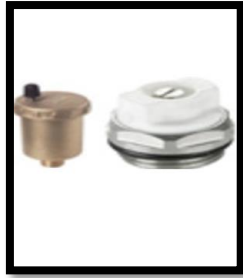
Le vase d'expansion est composé d'une membrane qui le divise en 2 parties étanches. Dans l'un des cotés du vase, il y a de l'air comprimé sous pression, l'autre partie est quant à elle connectée au circuit de chauffage et absorbe donc la surpression lors de la montée en température de l'eau.



**Figure I-10** Vase d'expansion

- ***Le purgeur automatique ou manuel :***

Le purgeur automatique ou manuel permet d'évacuer l'air dans le circuit de chauffage pour une meilleure circulation de l'eau. Les purgeurs automatiques doivent être placés au point le plus haut de l'installation. Les purgeurs manuels sont situés sur le haut des radiateurs.



**Figure I-11 Purgeur et Bouteille de purge**

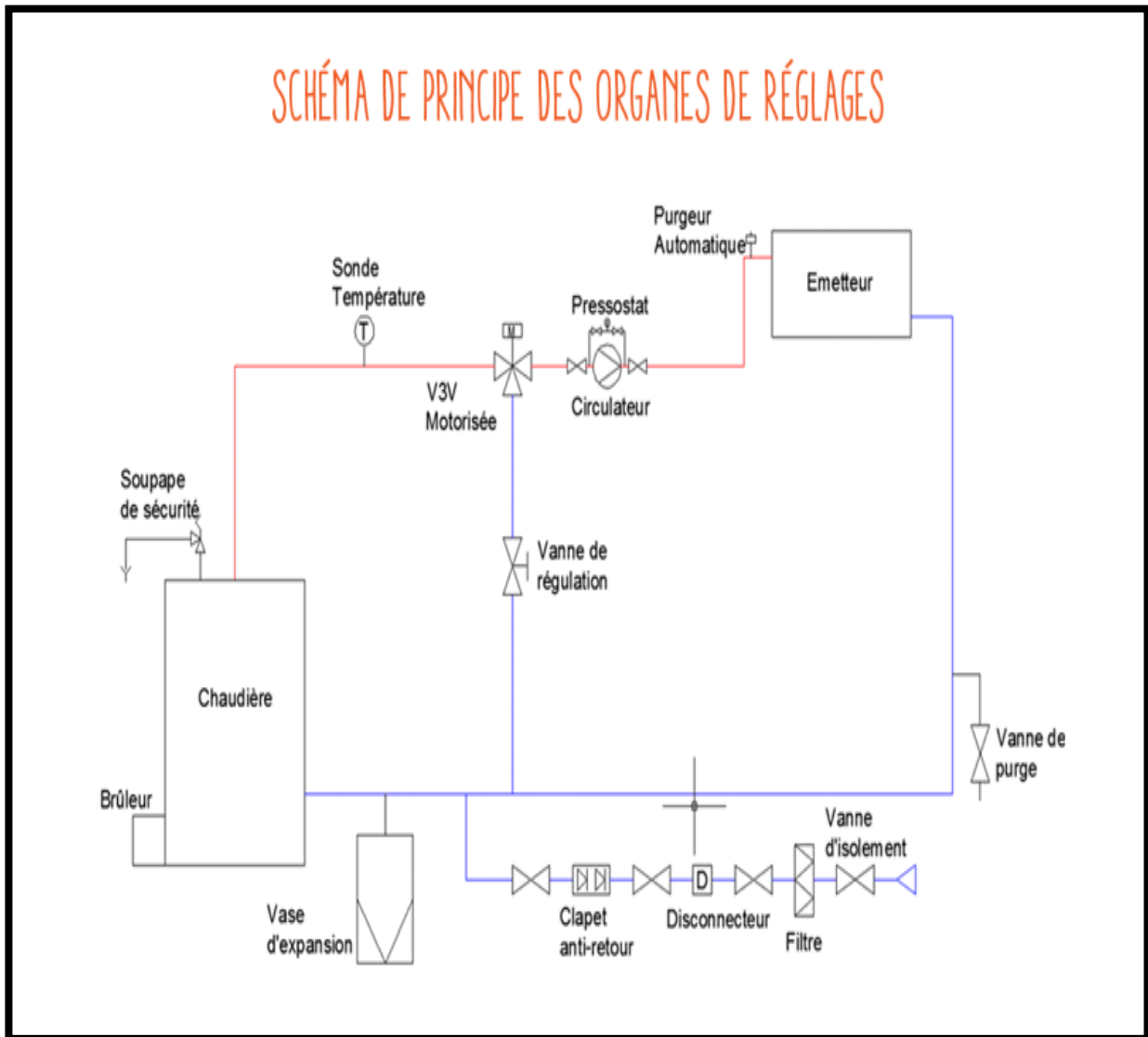
- ***Le clapet anti retour :***

Le clapet anti retour évite que l'eau retourne dans l'eau du réseau de ville. Il se situe sur l'arrivée d'eau générale. Un contrôle annuel du disconnecteur est obligatoire.

- ***La vanne de vidange :***

La vanne de vidange permet de vidanger tout ou un parties du circuit. Elle se situe sur le point bas de l'installation.

- ***Le pot à boue :*** Le pot à boue permet de filtrer toutes les impuretés de l'eau lorsqu'elle arrive du réseau d'eau de ville. Le filtre se situe généralement sur l'arrivée d'eau générale.



**Figure I-12 : schéma de principe des organes de réglages**

### I-7.7 Les tuyaux

Un tuyau est un élément de section circulaire destiné à l'écoulement d'un fluide, liquide, ou gaz transporte de l'énergie thermique et l'échange au travers de la paroi (radiateur). Ils sont classés selon le type du matériau de construction :

**✓ Tuyau en matière plastique PER**

Le tuyau en matériau plastique PER garantit une très bonne résistance à la pression, aux variations de températures, même les plus hautes, ce qui permet de l'utiliser autant en plomberie sanitaire que pour les installations de chauffage. Solide, fiable. Le PER coûte moins cher que le cuivre, il est rapide et simple à mettre en œuvre. Les canalisations en PER sont flexibles et permettent de réaliser des angles à 90°C sans raccords coudés. Les inconvénients de PER est très sensible à la dilatation.[6]

**✓ Les tuyaux en cuivre :**

Le cuivre est le matériau par excellence du plombier. Noble et résistant, il est toujours approuvé pour la distribution de l'eau, qu'elle soit froide ou chaude, et la tuyauterie de chauffage. L'avantage du cuivre est recyclable, solide, fiable, ... et esthétique. Son inconvénient est sa mise en œuvre reste une affaire de professionnels. Avoir le bon matériel ne suffit pas, il faut toujours de l'habileté. [6]

**✓ Tuyaux en l'acier noir :**

L'acier noir sera plutôt utilisé dans des installations plus importantes avec des tubes de plus gros diamètres permettant par exemple l'alimentation de circuits complets d'alimentation de circuits complets d'immeubles ou de bâtiments industriels.[7]

**I-7.8 Les émetteurs de chaleur :**

Un émetteur de chaleur est un élément d'un système de chauffe qui sert à transmettre la chaleur au matériau ou l'espace à chauffer.[3]

**I-7.9 Le disconnecteur :**

Le disconnecteur est un élément indispensable sur toutes installations de chauffage.

**I-7.10 Thermostat :**

Le thermostat est une sonde qui prélève la température de l'eau. Elle est placée sur les chaudières ou sur les tuyaux avec un doigt de gant en contact avec l'eau. Les robinets thermostatiques ne doivent pas être installés dans la pièce où se trouve le thermostat d'ambiance.



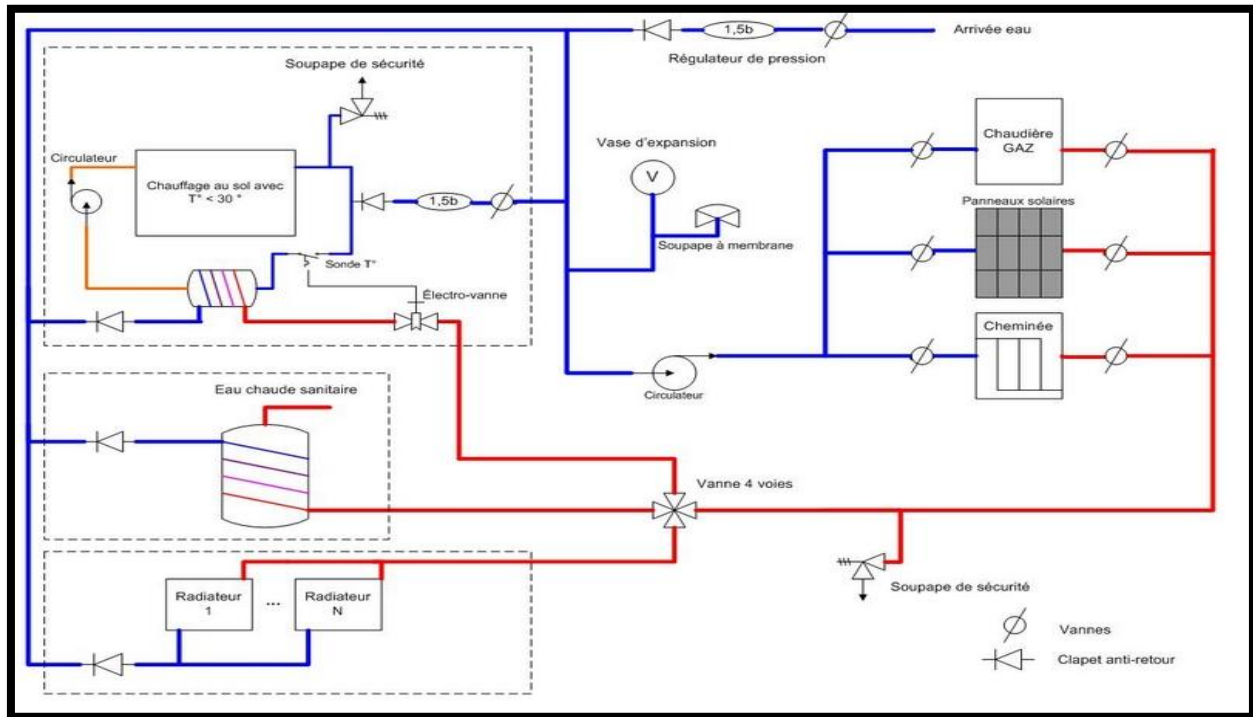


Figure I-13 Composants de système de chauffe

### I-8 Les différents systèmes de distribution de chaleur

Le principe de distribution de la chaleur est que l'eau chauffée est envoyée et distribuée à partir du générateur de chaleur dans les pièces à chauffer par un système de conduites via un ensemble de tuyauteries. La distribution s'effectue par un système à deux tuyaux. Le premier tuyau transporte l'eau chauffée jusqu'au radiateur. Tandis que le deuxième ramène l'eau froide jusqu'à la chaudière.

- ***Distribution monotube simple***

L'eau de départ rentre dans le premier radiateur, puis ressort par le bas avant de rentrer dans le deuxième radiateur, et ainsi de suite. La température d'entrée diminue de plus en plus en s'éloignant de la chaudière. Ce mode de distribution ne devrait normalement pas être utilisé de nos jours, vu les inconvénients de cette distribution.

- ***Distribution monotube dérivation***

Les émetteurs sont montés en dérivation sur une boucle unique qui fait le tour du logement. L'eau chaude traverse successivement chacun des émetteurs avant de retourner à la chaudière. Malgré une longueur de tuyauteries plus réduite, le système monotube dérivation est moins rationnel que le bitube et génère de l'inconfort, les derniers radiateurs de la boucle n'ayant pas suffisamment d'eau chaude.

- ***La distribution bitube :***

La distribution bitube est le système le plus utilisé, les émetteurs sont montés en parallèle sur deux tuyauteries l'une servant à l'aller l'autre pour le retour de l'eau. Dès que l'eau chaude traverse un radiateur. Ce mode de distribution autorise la mise en place sur les émetteurs d'un système de régulation pièce par pièce.

***Distribution bitube par :***

- ***Parapluie*** : dans ce type d'installation, l'eau chaude monte au dessus des radiateurs puis redescend vers la chaudière.
- ***Chandelle*** : C'est un réseau simple, dans ce type d'installation l'eau chaude monte directement aux radiateurs puis redescend vers la chaudière.
- ***La distribution bitube en pieuvre*** : Le principe de distribution en pieuvre est consisté à alimenter chaque radiateur à partir d'un collecteur central. L'un des tubes sert pour l'aller et l'autre pour le retour. Cette technique permet de faire gagner du temps. [8]

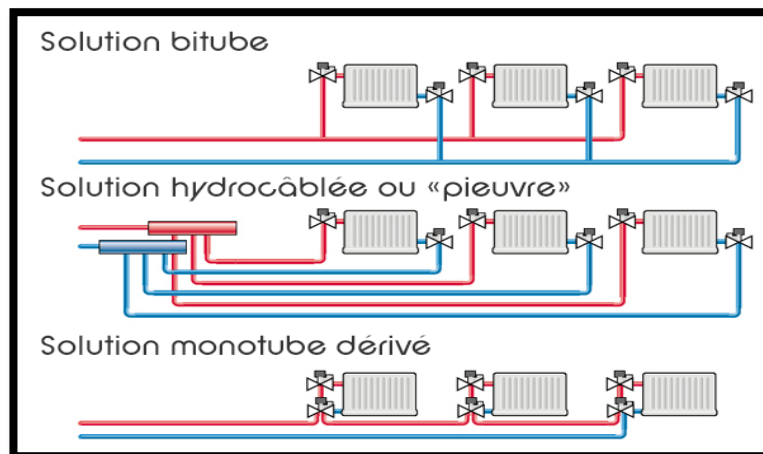


Figure 1.14 Systèmes de distribution de la chaleur.

**I-9 Régulation de système de chauffage**

Le système de régulation peut prendre en compte les besoins d'une pièce en particulier grâce à des robinets thermostatiques installés sur les radiateurs. Il est là pour maintenir la température ambiante à une valeur choisie en prenant en compte les apports gratuits de chaleur.

- ***La régulation par Le thermostat d'ambiance :***

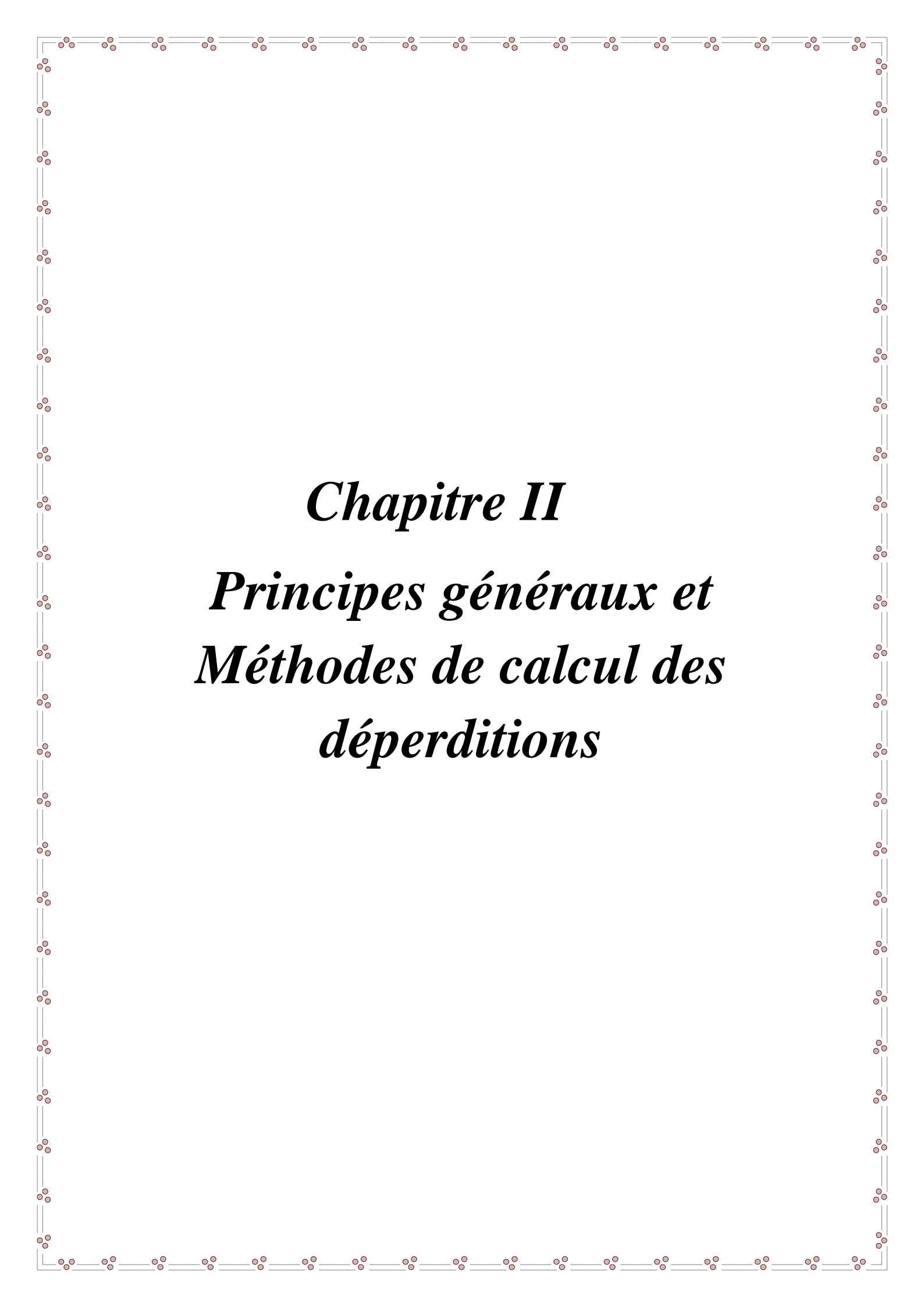
Le système de régulation adapte la température du logement en la comparant à la température de consigne et en agissant sur la chaudière ou la température de l'eau du circuit de distribution. Le thermostat d'ambiance doit être installé à environ 1.50 m du sol, loin de toute source de chaleur qui peut influencer son fonctionnement.

- ***La régulation avec sonde extérieure :***

Ce système convient bien dans une maison à étage. Son fonctionnement peut être affiné à l'aide d'une correction d'ambiance qui prend en compte les apports gratuits de chaleur dans le logement.

- ***Régulation par les robinets thermostatiques :***

Les robinets thermostatiques sont un bon complément du système de régulation. On peut choisir librement la température ambiante de chaque pièce. Ils permettent de moduler le chauffage en fonction de l'usage de la pièce et de valoriser les apports de chaleur gratuite. Ils permettent de sérieuses économies de chauffage.[9]



***Chapitre II***

***Principes généraux et***

***Méthodes de calcul des***

***déperditions***

## **II-1 Introduction**

La déperdition thermique est la perte de chaleur d'un local vers l'extérieur ou d'un local vers des locaux non chauffés. Elle peut être aussi définie par la perte de chaleur que subit un bâtiment par ses parois et ses échanges de chaleur avec l'extérieur. Elle est d'autant plus significative quand l'isolation thermique est faible et que la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur est importante.

Les déperditions thermiques dans un bâtiment se produisent de trois manières :

- à travers les parois, appelées déperditions surfaciques,
- par les ponts thermiques ou déperditions linéiques,
- et par renouvellement d'air.

## **II-2 Document technique réglementaire (DTR-C32)**

Le document technique réglementaire (DTR) fixe les méthodes de calcul et les techniques de dimensionnement des installations de chauffage à eau chaude en Algérie. La détermination des déperditions calorifiques de n'importe quel construction d'habitation est possible en utilisant la dite documentation ; l'estimation des déperditions doit être suivie par la vérification de la conformité du bâtiment à la réglementation thermique Algérienne. Cela pour que le dimensionnement des installations soit possible et réalisable en introduisant la notion de déperditions de base qui est liée à la zone de réalisation du projet et qui se divise en six zones climatiques.

Les déperditions de base totalisées sont utilisées dans l'estimation de la puissance de chauffe en faisant des coefficients de majorations.

## **II-3 Formulations mathématiques**

Pour estimer la puissance de chauffage, on doit effectuer le calcul de plusieurs paramètres. En commençant par les déperditions calorifiques du logement, dont elles sont calculées par :

$$D = \sum D_i \text{ [W/}^\circ\text{C]} \quad (\text{II.1})$$

Déperditions totales d'un volume est la somme des déperditions par transmission et les déperditions par renouvellement d'air du même volume :

$$D_i = (D_T)_i + (D_R)_i \text{ [W/}^\circ\text{C]} \quad (\text{II.2})$$

Où

Les déperditions par transmission d'un volume sont la somme de déperditions surfaciques, déperditions linéiques, déperditions à travers le sol plus les déperditions à travers les locaux non chauffés:

$$(D_T)_i = (D_s)_i + (D_{li})_i + (D_{sol})_i + (D_{lnc})_i \text{ [W/}^\circ\text{C]} \quad (\text{II.3})$$

#### **II-4 Les déperditions surfaciques par transmission à travers une paroi**

Les déperditions surfaciques par transmission à travers une paroi séparant deux ambiances à températures différentes sont calculées comme suite :

$$D_s = K \times A \text{ [W/}^\circ\text{C]} \quad (\text{II.4})$$

Ou k : représente la conductance des parois opaques égale :

$$\frac{1}{K} = \sum R_{th} + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \text{ [m}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C/W]} \quad (\text{II.5})$$

La résistance thermique d'une couche homogène sont données par :

$$R_i = \frac{e_i}{\lambda_i} \text{ [m}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C/W]} \quad (\text{II.6})$$

Tandis que, la résistance thermique d'une couche hétérogène est donnée directement fonction de l'épaisseur de la couche du matériau.

**Tableau II.1:** Résistance thermique d'une lame d'air

Position de la lame d'air	Sens du flux de chaleur	Epaisseur de la lame d'air (mm)						
		5 à 7	8 à 9	10 à 11	12 à 13	14 à 24	25 à 50	55 à 300
Horizontal	Ascendant	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14
Vertical		0.11	0.13	0.14	0.15	0.16	0.16	0.16
Horizontal	Descendant	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.18	0.20

Le coefficient K des parois vitrées ou la conductance thermique est calculée par la relation ci-après :

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_{VN}} + r_V + r_{rid} + r_{OCC} [\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}] \quad (\text{II.7})$$

$$r_{OCC} = 0.16 + \frac{e_{OCC}}{\lambda_{OCC}} \quad (\text{II.8})$$

**Tableau II.2 :** les coefficients  $K_{vn}$  fonction du type de vitrage, de la nature du matériau, sa position et son épaisseur

Type de vitrage	Epaisseur de la lame d'air (m)	Nature de la menuiserie	Paroi verticale	Paroi horizontale
Vitrage simple	-	Bois	5.0	5.5
		Métal	5.8	6.5
Vitrage Double	5 à 7	Bois	3.3	3.5
		Métal	4.0	4.3
	8 à 9	Bois	3.1	3.3
		Métal	3.9	4.2
	10 à 11	Bois	3.0	3.2
		Métal	3.8	4.1
	12 à 13	Bois	2.9	3.1
		Métal	3.7	4.0
Double fenêtre	Plus de 30	Bois	2.6	2.7
		Métal	3.0	3.2



**Tableau II.3** :Le coefficient K des portes

	Portes donnant sur l'extérieur	Portes donnant sur un local non chauffé
Portes en bois		
-portes opaques	3.5	2
-portes avec une proportion de vitrage < 30%	4.0	2.4
- portes avec une proportion de vitrage comprise entre 30% et 60%	4.5	2.7
Porte en métal		
-portes opaques	5.8	4.5
-portes épique de vitrage simple	5.8	4.5

### II-5 Déperditions linéique

Les déperditions à travers les ponts thermiques sont souvent difficiles à estimer vue la complexité des transferts dans ces zones du logement, elles peuvent êtres estimées à 20% des déperditions surfaciques du même volume.

$$D_{li} = K_{li} \times A = 0.20 \times (K \times A) [W/^{\circ}C] \quad (II.9)$$

### II-6 Déperditions par transmission à travers les parois en contact avec le sol

Les déperditions par transmission à travers les parois en contact avec le sol sont calculées par la formule suivante :

$$D_{sol} = K \times A [W/^{\circ}C] \quad (II.10)$$

Le coefficient k dans ce cas se calcule par la formule suivante:

$$\frac{1}{K} = 0.14 + R + \frac{e}{1.9} [\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}] \quad (\text{II.11})$$

### II-7 Déperdition à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés

Les déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés sont données par :

$$D_{inc} = T_{au} [\sum(K \times A) + \sum(K_{li} \times A)] [\text{W}/\text{°C}] \quad (\text{II.12})$$

Le calcul du coefficient  $T_{au}$  est effectué par :

$$T_{au} = \frac{T_i - T_n}{T_i - T_e} [\text{°C}] \quad (\text{II.13})$$

### II-8 Déperditions par renouvellement d'air

Les déperditions par renouvellement d'air d'un volume se calcul en tenant compte de déperditions par renouvellement d'air dues aux systèmes de ventilation de l'air et aux déperditions par renouvellement d'air dite par convection naturelle :

$$(D_R)_i = (D_{RV})_i + (D_{RS})_i [\text{W}/\text{°C}] \quad (\text{II.14})$$

Dans la pratique les déperditions par renouvellement d'air sont estimées de la manière suivante :

$$D_R = 0.34 \times (Q_v + Q_s) [\text{W}/\text{°C}] \quad (\text{II.15})$$

Le débit spécifique de ventilation est donné par :

$$Q_v = \text{Max}[0.6 V_h ; Q_{v\text{réf}}] [\text{m}^3/\text{h}] \quad (\text{II.16})$$

$$Q_{v\text{réf}} = 5 \times Q_{v\text{min}} + \frac{Q_{v\text{max}}}{6} [\text{m}^3/\text{h}] \quad (\text{II.17})$$

**Tableau II.4:** Le débit spécifique de ventilation

Nombre de pièces principales	1	2	3	4	5	>5
$Q_{vmin}(m^3/h)$	25	50	75	100	110	On ajoute 10 (m3/h) par pièce supplémentaire

Nombre de pièces principales	$Q_{vmax}(m^3/h)$			
	Cuisine	Salle de bains	Autre salle d'eau	Cabinet d'aisance
1	75	15	15	15
2	90	1	1	1
3	105	3	1	1
4	120	3	1	3
5 et plus	135	30	15	30

### II-9 Vérification de l'isolation et calcul de déperditions de références

La vérification réglementaire est indispensable pour tout calcul d'installation de chauffage en utilisant la réglementation Algérienne ; cela, peut être effectué en comparant les déperditions par transmission avec celles des déperditions de références calculées par la formule donnée par le DTR :

Condition de vérification :

$$D_T \leq 1.05 \times D_{ref} \text{ [W/}^\circ\text{C]} \quad (\text{II. 18})$$

Le calcul des déperditions de référence est assuré par la formule ci-dessous :

$$D_{ref} = a \times S_p + b \times S_{pc} + c \times S_{pvs} + d \times S_{por} + e \times S_{porf} [W/^\circ C] \quad (II. 19)$$

Où

( $S_p$ ) : La surface de paroi en contact avec l'extérieur. [m<sup>2</sup>]

( $S_{pc}$ ) : La surface de paroi en contact avec un comble. [m<sup>2</sup>]

( $S_{pvs}$ ) : La surface de paroi en contact avec un vide sanitaire. [m<sup>2</sup>]

( $S_{por}$ ) : La surface des portes. [m<sup>2</sup>]

( $S_{porf}$ ) : La surface des fenêtres et les portes fenêtres. [m<sup>2</sup>]

Les coefficients a, b, c, d, e sont donné par le tableau ci-après pour un logement individuel ou collectif :

**Tableau II.5 :** Les coefficients a, b, c, d, e pour un logement individuel ou collectif

Zone	Logement individuel					Logement en immeuble collectif				
	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
A	1.1	2.4	1.4	3.5	4.5	1.1	2.4	1.2	3.5	4.5
B	1.1	2.4	1.2	3.5	4.5	0.9	2.4	1.2	3.5	4.5
B'	1.1	2.4	1.2	3.5	4.5	0.9	2.4	1.2	3.5	4.5
C	1.1	2.4	1.2	3.5	4.5	0.85	2.4	1.2	3.5	4.5
D	2.4	3.4	1.4	3.5	4.5	2.4	3.4	1.4	3.5	4.5
D'	2.4	3.4	1.4	3.5	4.5	2.4	3.4	1.4	3.5	4.5

La condensation de la vapeur d'eau au sein d'une paroi (murs, plafond...) peut s'avérer catastrophique pour n'importe quelle habitation. La vapeur se condense lorsqu'elle atteint la température de rosée. Cette situation arrive le plus souvent en hiver, lorsque la température

intérieure est de 21°C et l'extérieure est entre 0 et -5 °C. Lorsque la vapeur contenue dans l'air atteint une paroi froide, elle se transforme en eau liquide, c'est la condensation. Pour éviter cela :

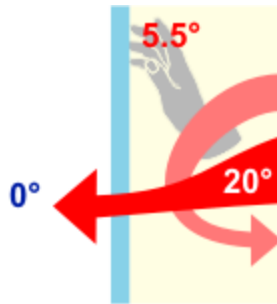
### II-9.1 Isolation des parois

Au mieux une paroi est bien isolée, au moins les déperditions thermiques au travers de celle-ci sont moins importantes. En hiver, la température de surface intérieure est de ce fait plus élevée. L'isolation des parois délimitant le volume protégé diminue le risque de condensation superficielle mais améliore également le confort thermique et diminue la consommation du combustible de chauffage.

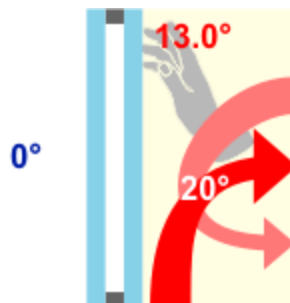
L'isolation des nœuds constructifs doit être conçue afin d'éviter tout pont thermique responsable de point froid.

#### ➤ Cas particulier des vitrages

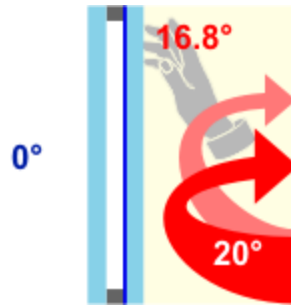
La surface vitrée, étant souvent la surface intérieure la plus froide du local, constitue un lieu privilégié à la formation de condensation superficielle. Or, la température de la face intérieure d'un vitrage isolant est nettement supérieure à celle d'un simple vitrage. La pose d'un tel vitrage permet donc de diminuer les risques de condensation.



Température d'un simple vitrage.



Température d'un double vitrage.



Température d'un double vitrage basse émissivité.

➤ **Supprimer un obstacle :**

Parfois, la paroi est suffisamment isolée, mais un obstacle empêche l'air de circuler et peut même éventuellement agir comme isolant avec, comme conséquence, dans les deux cas, une diminution de la température de surface de la paroi intérieure.

C'est le cas, par exemple, lorsque des meubles sont placés le long d'un mur en contact avec l'extérieur, lorsque des rideaux sont tirés devant la fenêtre, lorsqu'un appui de fenêtre couvre le radiateur empêchant l'air de monter vers la fenêtre, lorsque la maçonnerie est épaisse et la fenêtre profondément encastrée. Dans ce cas, il suffit de supprimer l'obstacle : déplacer les meubles, rendre l'espace entre rideaux et fenêtre accessible au passage de l'air chaud de l'intérieur, prévoir des ouvertures dans l'appui de fenêtre de sorte que l'air chaud puisse atteindre la fenêtre, pour éviter la condensation de vapeur d'eau.

**II-9.2 Chauffer des locaux :**

Le principal risque de condensation de longue durée sur une paroi froide n'apparaît pas seulement dans le cas de températures extérieures très basses, mais aussi lorsque celles-ci restent relativement élevées (surtout de 0 à 10°C) et qu'elles sont accompagnées d'une humidité relative élevée (pluie ou brouillard). Les périodes avec de telles températures extérieures sont fréquentes surtout dans les zones côtières en voisinage de la mer et on sera tenté de ne pas chauffer certains locaux ou de les chauffer très modérément.

Si certains locaux ne sont pas chauffés, il faut éviter que la vapeur d'eau produite dans les locaux occupés ne soit diffusée vers ces locaux en maintenant les portes fermées ou alors il faut appliquée une ventilation artificielle.

### **II-9.3 Limitation de la production des vapeurs :**

Il n'est, en général pas possible d'éviter la production de vapeur provenant des occupants ou des plantes. Par contre, une production de vapeur trop importante peut être évitée dans certains cas tels que :

- un grand aquarium sans recouvrement adéquat,
- des étangs à l'intérieur,
- des appareils à cycle de combustion ouvert sans évacuation vers l'extérieur (poêle au gaz ou au mazout, petit chauffe-eau mural, etc.),
- l'usage intensif d'humidificateur.

Un taux trop important d'humidité peut également provenir des causes extérieures suivantes :

- les infiltrations d'eau de pluie,
- l'humidité ascensionnelle,
- l'humidité de construction,
- l'humidité accidentelle.

Ces causes extérieures considérées comme des anomalies doivent être supprimées avant d'envisager toute autre mesure pour éliminer les problèmes de condensation ou de moisissure.

### **II-9.4 Ventilation :**

Il est difficile de diminuer de manière significative la production de vapeur à l'intérieur d'un bâtiment. Par contre, afin que l'augmentation du taux d'humidité due à cette production de vapeur reste acceptable, celle-ci doit être compensée par une ventilation suffisante. L'air humide intérieur est ainsi remplacé par de l'air extérieur plus sec.

Cette ventilation consiste, d'une part, en une ventilation de base qui doit assurer la qualité de l'air en temps d'occupation normale (occupants, plantes, nettoyage, ...) et d'autre part, en une ventilation intensive qui doit compenser une production spécifique de vapeur (ventilation dans les cuisines, dans la buanderie, dans les douches...).

Une ventilation correcte des bâtiments se fait par ventilation contrôlée.

Cela implique une amenée d'air extérieur dans certains locaux et une évacuation de l'air intérieur humide dans d'autres.

### II-9.5 supprimer un problème de condensation interne dans les châssis en bois pleins :

La condensation interne ne concerne que les châssis en bois, elle n'est pas à craindre dans d'autres types de châssis (Aluminium, PVC, polyuréthane....).

### II-10 Calcul des déperditions de base

- ✓ Les déperditions de base totales sont la somme de toutes les déperditions du logement,

$$D_B = \sum (D_B)_i \text{ [W]} \quad (\text{II. 20})$$

- ✓ Déperditions de base pour un volume sont données par

$$(D_B)_i = D_i \times (T_{bi} - T_{be}) \text{ [W]} \quad (\text{II. 21})$$

- ✓ Température intérieure de base

La température intérieure de base est différente d'une réglementation à une autre, elle est donnée de notre réglementation pour un immeuble d'habitation, maison individuelle :

- Pièce principale, Pièce de service..... 21°C
- Une cage d'escalier chauffée, circulation chauffée en continu ...18°C
- Bureau chauffée en continu ....21°C
- Magasin chauffée en continu ...21°C
- Local artisanal chauffée en continu ....21°C



**Tableau II.6 :**Température extérieure de base

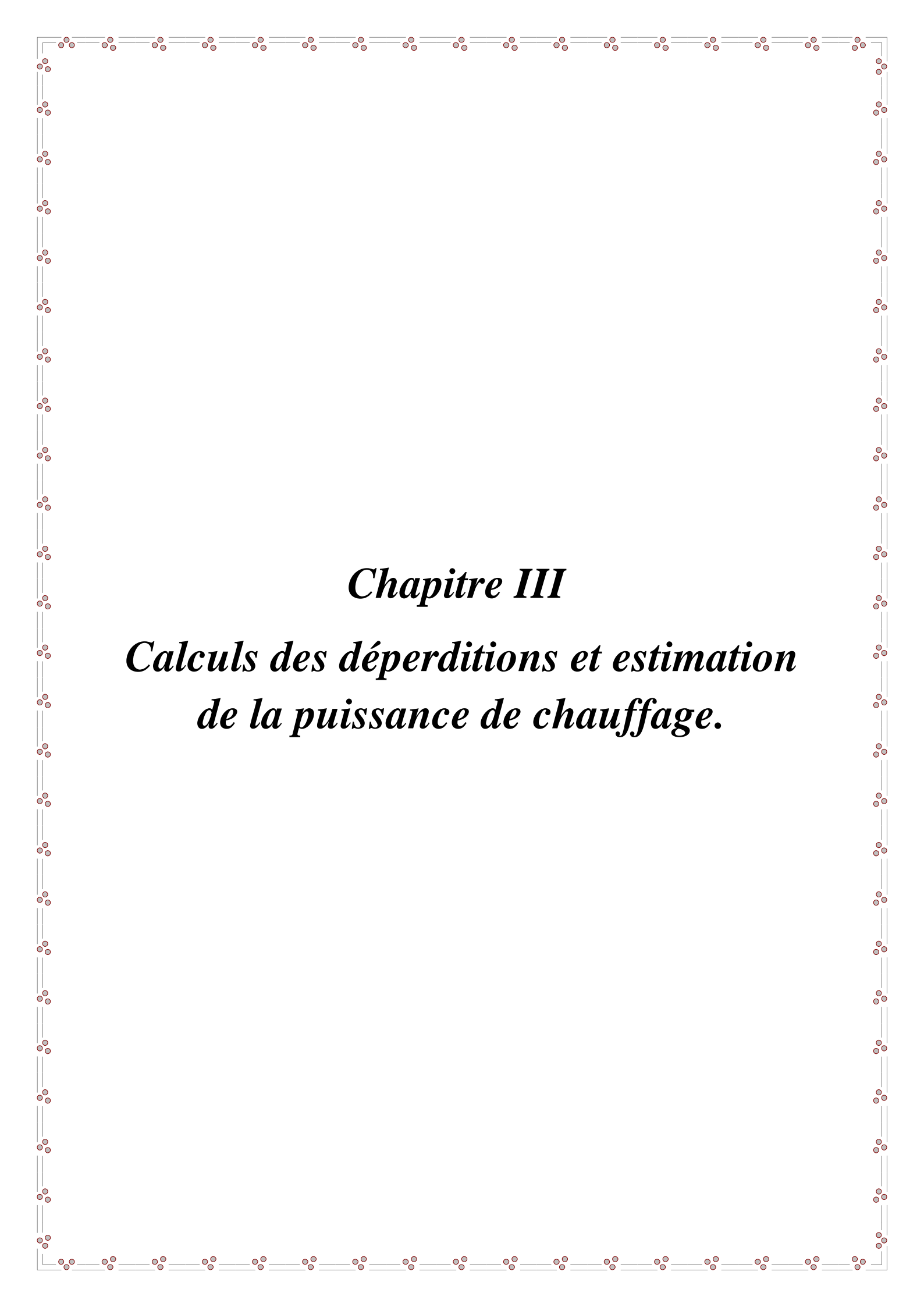
Zone	Altitude(m)	T <sub>be</sub> (°C)	Zone	Altitude(m)	T <sub>be</sub> (°C)
A	<300	6	C	500 à 1000	-2
	300 à 500	3		≥1000	-4
	500 à1000	1			
	≥1000	-1			
B	<500	2	D	<1000	5
	500à1000	1		≥1000	4
	≥1000	-1			
B'	<500	0	D'	<1000	5
	≥500	Voir zone B			

## II-11 PUISSANCE DE CHAUFFAGE

Le calcul de la puissance de chauffage est effectué en majorant les déperditions thermiques calculées précédemment :

$$Q = [T_{bi} - T_{be}] \times [[1 + \text{Max}(c_r ; c_{in})] \times D_T] + [(1 + c_r) \times D_R] \text{ [W]} \quad (\text{II. 21})$$

Où les coefficients de majoration ( $c_r$  et le  $c_{in}$ ) sont 0.1 pour un chauffage a eau chaude continue et 0.15 pour un chauffage discontinu.



***Chapitre III***  
***Calculs des déperditions et estimation  
de la puissance de chauffage.***

### III-1 Introduction

Pour calculer la puissance de chauffage de la chaudière à utiliser pour l'installation de chauffage à eau chaude, le calcul des déperditions thermiques de base du RDC et du premier étage est effectué dans le présent chapitre. Pour ce faire, le coefficient de transmission surfacique de toutes les parois est estimé pour les parois opaques, pour les portes et fenêtres en appliquant la formulation du document technique réglementaire (DTR-C32).

### III-2 Détermination des coefficients de transmission thermique surfacique

#### ❖ Calcul des coefficients de transmission thermique surfacique (K) :

Les coefficients de transmissions thermiques surfaciques (K) sont déterminés pour les parois (murs extérieurs et murs de cloisonnement intérieurs), pour le plancher, la toiture de chaque local de chaque étage (Rez-de-chaussée et du 1<sup>er</sup> étage), plus le coefficient de transmission des portes et fenêtres. Ce coefficient est calculé en utilisant la formule :

$$K = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{\sum e_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_e}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}] \quad (\text{III.1})$$

#### ❖ Calcul des coefficients de transmission pour les parois séparant deux ambiances à températures différentes ou un local ouvert :

Le calcul du coefficient(K) d'un mur extérieur double cloisonnement d'une épaisseur de 33.5cm est effectué en appliquant l'équation(III.1) ci-dessus de la manière suivante :

**Tableau III.1** : calcul du coefficient (K) d'un mur extérieur double cloisonnement d'épaisseur 33.5cm

N°	Composants du mur double cloisonnement	e [m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.K]	Résistance thermique $R=e/\lambda$ [m <sup>2</sup> .K/W]
	Résistance de l'air int			0.11
1	Enduit extérieur ciment	0.015	1.4	0.01
2	Brique creuse	0.1	0.58	0.17
3	Lame d'air	0.1	0,024	4.16
4	Brique creuse	0.1	0.58	0.17
5	Enduit intérieur ciment	0.015	1.4	0.01
6	Enduit intérieur de plâtre	0.005	0.35	0.01
7	Résistance de l'air ext			0.06
coefficient K d'un mur extérieur double cloisonnement d'épaisseur 33.5cm en [W/m <sup>2</sup> .K]				0.212

❖ **Calcul du coefficient (K) des parois vitrées en contact avec l'extérieur**

Le coefficient de transmission surfacique (K) des parois vitrées est calculé par l'équation (II.7)

$$K_{vn}=6.5W/m^2.$$

$$K_{rV}=0.025 m^2.K/W$$

$$r_{rid}=0.030 m^2.K/W$$

$$r_{occ}=0.16+(0.0015/0.06)=0.185 m^2.K/W$$

**Tableau III.2** :calcul du coefficient (K) du vitrage en contact avec l'extérieur

Résistance thermique totale [m <sup>2</sup> .K/W]	$1/h_i+1/h_e$ [m <sup>2</sup> .K/W]
0.39	0.17
Le coefficient K du vitrage en [W/m <sup>2</sup> .K]	
1.78	

❖ Calcul du coefficient (K) pour les poteaux en contact avec l'extérieur

**Tableau III.3 :** calcul du coefficient(K) du poteau en contact avec l'extérieur

N°	Composants du poteau	e [m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.K]	Résistance thermique $R=e/\lambda$ [m <sup>2</sup> .K/W]
	Résistance de l'air int			0.11
1	Enduit extérieur ciment	0.015	1.4	0.01
2	Béton armé	0.3	0.13	2.31
3	Enduit intérieur ciment	0.015	1.4	0.01
4	Enduit intérieur de plâtre	0.005	0.35	0.01
	Résistance de l'air ext			0.06
coefficient K du poteau en [W/m <sup>2</sup> .K]				0.4

❖ Calcul des coefficients de transmission pour les parois en contact avec l'intérieur

Calcul du coefficient de transmission (K) d'épaisseur 14 cm en contact avec l'intérieur.

**Tableau III.4 :** calcul du coefficient (K) d'un mur intérieur simple cloison d'épaisseur 14cm

N°	Composants du mur simple cloison	e [m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.K]	Résistance thermique $R=e/\lambda$ [m <sup>2</sup> .K/W]	$1/h_i+1/h_e$ [m <sup>2</sup> .K/W]
1	Enduit intérieur de plâtre	0.005	0.35	0.01	0.22
2	Enduit intérieur ciment	0.015	1.4	0.01	
3	Brique creuse	0.1	0.58	0.17	
4	Enduit intérieur ciment	0.015	1.4	0.01	
5	Enduit intérieur de plâtre	0.005	0.35	0.01	
coefficient (K) d'un mur intérieur simple cloison d'épaisseur 14 cm en [W/m <sup>2</sup> .K]					2.33

❖ Calcul du coefficient (K) pour les poteaux en contact avec l'intérieur**Tableau III.5** :calcul du coefficient (K) pour les poteaux en contact avec l'intérieur

N°	Composants du poteau	e [m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.K]	Résistance thermique $R=e/\lambda$ [m <sup>2</sup> .K/W]	1/h <sub>i</sub> +1/h <sub>e</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]
1	Enduit intérieur de plâtre	0.005	0.35	0.01	0.22
2	Enduit intérieur ciment	0.015	1.4	0.01	
3	Béton armé	0.3	0.13	2.31	
4	Enduit intérieur ciment	0.015	1.4	0.01	
5	Enduit intérieur de plâtre	0.005	0.35	0.01	
coefficient (K) du poteau en contact avec l'intérieur en [W/m <sup>2</sup> .K]					0.39

❖ Calcul du coefficient(K) du plancher

Le coefficient de transmission du plancher est calculé comme suit :

**Tableau III.6** : calcul du coefficient (K) du plancher

N°	Composants du plancher	e [m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.K]	Résistance thermique $R=e/\lambda$ [m <sup>2</sup> .K/W]	1/h <sub>i</sub> +1/h <sub>e</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]
1	Sol	1	1.74	0.57	0.17
2	Béton	0.1	1.75	0.06	
3	Sable	0.03	0.6	0.05	
4	Mortier ciment	0.02	0.87	0.02	
5	Dalle de sol	0.02	1.05	0.02	
coefficient (K) du plancher en [W/m <sup>2</sup> .K]					1.12

❖ Calcul du coefficient K du plancher entre étage**Tableau III.7** : calcul du coefficient (K) du plancher entre étage

N°	Composants du plancher entre étage	e [m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.K]	Résistance thermique $R=e/\lambda$ [m <sup>2</sup> .K/W]	1/h <sub>i</sub> +1/h <sub>e</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]
1	Plâtre	0.015	0.35	0.04	0.34
2	Lame d'air	0.5	0.024	20.83	
3	Enduit ciment	0.015	1.4	0.01	
4	Hourdis	0.12	1.65	0.07	
5	Béton	0.08	1.75	0.05	
6	Sable	0.03	0.6	0.05	
7	Mortier ciment	0.02	0.87	0.02	
8	Dalle de sol	0.03	1.05	0.03	
coefficient (K) du plancher entre étage en [W/m <sup>2</sup> .K]					0.046

❖ Calcul du coefficient K de la terrasse.**Tableau III.8** : calcul du coefficient (K) de la terrasse

N°	Composants du plancher entre étage	e [m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.K]	Résistance thermique $R=e/\lambda$ [m <sup>2</sup> .K/W]	1/h <sub>i</sub> +1/h <sub>e</sub> [m <sup>2</sup> .K/W]
1	Plâtre	0.015	0.35	0.04	0.14
2	Lame d'air	0.5	0.024	20.83	
3	Enduit ciment	0.015	1.4	0.01	
4	Hourdis	0.12	1.65	0.07	
5	Béton	0.08	1.75	0.05	
6	Polystyrène	0.02	0.035	0.57	
7	Carte bitumée	0.01	0.17	0.06	
8	Gravillon	0.03	0.93	0.03	
coefficient (K) de la terrasse en [W/m <sup>2</sup> .K]					0.045

❖ Calcul du coefficient de transmission thermique (K) pour les portes :

Calcul du coefficient de transmission thermique K pour les portes en Bois stratifié en contact avec l'extérieur :

**Tableau III.9 :** coefficient (K) pour les portes en bois stratifié en contact avec l'extérieur.

La couche	Composantes de portes en bois stratifié	e [m]	Conductivité $\lambda$ [W/m.K ]	Résistance th $R = e/\lambda$ [m <sup>2</sup> .K/W ]	$1/h_i+1/h_e$ [m <sup>2</sup> .K/W ]
1	Bois stratifié	0.038	0.28	0.14	0.17
Le coefficient de transmission surfacique $K = 1/\sum R$ de la porte en Bois stratifier en [W/m <sup>2</sup> . K ]					3.22

❖ Calcul du coefficient de transmission(K) pour les portes en bois stratifié en contact avec l'intérieur :

**Tableau III.10 :** coefficient (K) pour les portes en bois stratifié en contact avec l'intérieur.

Couche N	Composantes de portes en bois stratifié	e [m]	Conductivité th $\lambda$ [W/m.K ]	Résistance th $R = e/\lambda$ [m <sup>2</sup> .K/W ]	$1/h_i+1/h_e$ [m <sup>2</sup> .K/W ]
1	Bois stratifié	0.038	0.28	0.14	0.22
Le coefficient de transmission surfacique $K = 1/\sum R$ de la porte en Bois stratifier en [W/m <sup>2</sup> . K ]					2.77



❖ Coefficient de transmission thermique (K) du plancher sous comble isolé**Tableau III.11:** coefficient (K) pour le plancher sous comble isolé

La couche	Composantes de portes en bois stratifié	e [m]	Conductivité th $\lambda$ [W/m.K]	Résistance th $R = e/\lambda$ [ $m^2 \cdot K/W$ ]	$1/h_i + 1/h_e$ [ $m^2 \cdot K/W$ ]
1	Plâtre	0.015	0.35	0.04	0.34
2	Lame d'air	0.5	0.024	20.83	
3	Enduit ciment	0.015	1.4	0.01	
5	Béton	0.08	1.75	0.05	
Le coefficient de transmission surfacique $K = 1/\sum R$ du plancher sous comble isolé en [ $W/m^2 \cdot K$ ]					0.047

**.III-3 Dimensionnements et de géométries des différents locaux**

Les tableaux ci-dessous illustrent les dimensions des différents locaux :

➤ Pour le Réz de chaussé :**Tableau III.12 :** Dimensionnements et géométrie des locaux du rez de chaussée

Local	Longueur (m)	Largeur ( m )	Hauteur (m)
Salle de prof	14.15	6.60	3.7
Labo 1	10.80	6.60	3.7
salle préparation	4.25	6.60	3.7
Labo 2	11.25	6.60	3.7
Salle de réunion	16.40	6.60	3.7
Atelier	3.35	6.60	3.7
Poste de police	3.35	2.06	3.7
Bureau1	4.20	3.90	3.7
Bureau2	5.25	3.05	3.7
Salle de musique	13.59	6.60	3.7
Salle de lecture	14	6.60	3.7
Salle info de profs	6.60	2.95	3.7
Salle info des élèves	10.25	6.60	3.7
Atelier sciences	12.85	6.60	3.7
Atelier physiques	13.55	6.60	3.7
Salle de dessin	9.65	6.60	3.7

Les surfaces et volumes des locaux étudiés sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau III.13** : Surfaces des différentes parois et volumes des locaux du rez de chaussée

Local	SL [m <sup>2</sup> ]	VL [m <sup>3</sup> ]	S <sub>m</sub> [m <sup>2</sup> ]				S <sub>f</sub> [m <sup>2</sup> ]				S <sub>p</sub> [m <sup>2</sup> ]
			N	E	S	O	N	E	S	O	
Salle de profs	93.39	345.543	44.35	24.42	47.73	15.13	8	/	/	/	S2.1 2.52
Labo 1	71.28	263.736	33.96	22.32	37.86	24.42	6	/	/	/	S2.1 E2.1
salle préparation	28.05	103.785	11.725	22.32	15.725	22.32	4	/	/	/	E2.1 O2.1
Labo 2	74.25	274.725	35.625	24.42	39.525	22.32	6	/	/	/	S2.1 O2.1
Salle de réunion	108.24	400.488	50.68	24.42	56.06	24.42	10	/	/	/	S4.62
Atelier	22.11	81.807	10.395	24.42	9.245	24.42	2	/	/	/	S3.15
Poste de police	6.901	25.534	7.622	11.035	7.622	11.135	/	/	/	2	E2.1
Bureau1	16.38	60.606	15.54	12.333	15.54	12.433	/	/	/	2	E2.1
Bureau2	16.012	59.246	17.325	11.285	19.425	9.285	/	/	/	2	N2.1
Salle de musique	89.694	331.868	24.42	47.133	22.32	42.283	/	/	/	8	S2.1 E3.15
Salle de lecture	92.4	341.88	48.65	24.42	43.8	22.32	/	/	8	/	N3.15 O2.1
Salle info de profs	19.47	72.039	8.815	24.42	8.915	24.42	/	/	2	/	N2.1
Salle info des élève	67.65	250.305	35.825	24.42	31.925	24.42	/	/	6	/	N2.1
Atelier sciences	84.81	313.797	45.445	24.42	39.545	22.32	/	/	8	/	N2.1 O2.1
Atelier physiques	89.43	330.891	48.035	22.32	42.135	24.42	/	/	8	/	N2.1 E2.1
Salle de dessin	63.69	235.653	35.64	24.42	31.74	22.32	/	/	6	/	N2.1 O2.1

SL : Surface du local

VL : Volume du local

Sm : Surface des murs

Sf : Surface des fenêtres

Sp : Surface des portes

➤ **Pour le premier étage :**

Les dimensions sont présentées dans le tableau suivant pour le premier étage :

**Tableau III.14 :** Géométries des parois, fenêtres et portes

<b>Local</b>	<b>Longueur (m)</b>	<b>Largeur (m)</b>	<b>Hauteur (m)</b>
Classe 1	9.65	6.60	3.7
Classe 2	9.80	6.60	3.7
Classe 3	9.93	6.60	3.7
Classe 4	10.08	6.60	3.7
Classe 5	9.82	6.60	3.7
Classe 6	10.07	6.60	3.7
Classe7	9.83	6.60	3.7
Classe 8	10.07	6.60	3.7
Classe9	9.82	6.60	3.7
Classe10	9.65	6.60	3.7
Classe11	9.70	6.60	3.7
Classe12	9.70	6.60	3.7
Classe13	10.15	6.60	3.7
Classe14	9.70	6.60	3.7
Classe15	9.65	6.60	3.7
Bureau1	7.45	3.90	3.7
Bureau2	4.25	3.90	3.7
Bureau3	6.40	3.90	3.7
Bureau4	4.80	3.35	3.7

Les géométries des parois, fenêtres et portes sont regroupées au tableau suivant

**Tableau III.15 : Géométries des parois, fenêtres et portes**

Local	SL [m <sup>2</sup> ]	VL [m <sup>3</sup> ]	S <sub>m</sub> [m <sup>2</sup> ]				S <sub>f</sub> [m <sup>2</sup> ]				S <sub>p</sub> [m <sup>2</sup> ]
			N	E	S	O	N	E	S	O	
Classe 1	63.69	235.653	33.605	24.42	29.705	24.42	/	/	6	/	N 2.1
Classe 2	64.68	239.316	24.42	34.16	24.42	30.26	/	/	/	6	E2.1
Classe 3	65.538	242.490	34.641	24.42	30.741	24.42	/	/	6	/	N2.1
Classe 4	66.528	246.154	35.196	24.42	31.296	24.42	/	/	6	/	N2.1
Classe 5	64.812	239.804	34.234	24.42	30.334	24.42	/	/	6	/	N2.1
Classe 6	66.462	245.909	35.159	24.42	31.259	24.42	/	/	6	/	N2.1
Classe 7	64.878	240.049	34.271	24.42	30.371	24.42	/	/	6	/	N2.1
Classe 8	66.462	245.909	35.159	24.42	31.259	24.42	/	/	6	/	N2.1
Classe 9	64.812	239.804	34.234	24.42	30.334	24.42	/	/	6	/	N 2.1
Classe 10	63.69	235.653	33.605	24.42	29.705	24.42	/	/	6	/	N2.1
Classe 11	64.02	236.874	29.89	24.42	33.79	24.42	6	/	/	/	S2.1
Classe 12	64.02	236.874	29.89	24.42	33.79	24.42	6	/	/	/	S2.1
Classe 13	66.99	247.863	31.555	24.42	35.455	24.42	6	/	/	/	S2.1
Classe 14	64.02	236.874	29.89	24.42	33.79	24.42	6	/	/	/	S2.1
Classe 15	63.69	235.653	29.705	24.42	33.605	24.42	6	/	/	/	S2.1
Bureau1	29.055	107.504	23.565	14.43	25.465	14.43	4	/	/	/	S2.1
Bureau2	16.575	61.327	14.43	13.625	14.43	13.725	/	/	/	2	E2.1
Bureau3	24.96	92.352	14.43	19.48	14.43	19.68	/	/	/	4	E4.2
Bureau4	16.08	59.496	15.66	10.395	17.76	10.295	/	2	/	/	N2.1 O2.1

### III-4 Calcul des déperditions thermiques

Le calcul des déperditions thermiques sera pris comme exemple ainsi qu'une démonstration de l'application de la formulation du DTR-C32 concernant *la classe 1*. (il est à noter que le choix de la classe 1 a été fait au hasard).

Les déperditions totales de la classe 1 sont calculées par les équations (II.2)

✓ Les déperditions par transmission sont la somme des déperditions surfaciques, linéiques, a travers le sol et a travers les locaux non chauffés sont calculées par (II.3)

✓ Le calcul de déperdition surfacique est effectuée par l'équation (II.4)

A. N:

$$D_{SMEXT} = 0.212 \times 29.705 + 0.212 \times 24.42 + 0.212 \times 33.605 = 18.59 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$D_{Sportes} = k_{portes} \times S_{portes} = 3.22 \times 2.1 = 6.76 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$D_{Sfenêtres} = k_{fenêtres} \times S_{fenêtres} = 1.78 \times 6 = 10.68 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

Alors :

$$D_{si} = 36.03 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

✓ Calcul de déperdition linéique  $D_{Li}$  par l'équation (II.9)

$$D_{Li} = 36.03 \times 0.20 = 7.20 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

✓ Calcul de déperdition à travers le sol par l'équation (II.10)

$$D_{sol} = 1.12 \times 63.69 = 71.33 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

✓ Calcul de déperdition des LNC par l'équation (II.12) et (II.13)

A.N :

$$D_{LNC} = 0 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$D_{Ti} = 114.56 \text{ W/}^\circ$$

La vérification réglementaire est effectuée en comparant les déperditions par transmission à travers les parois opaques à ceux des déperditions de références calculés par la formule donnée par le DTR.

• **Vérification de conformité :**

- ✓ Déperditions de référence sont calculées par l'équation (II.19)

Pour la zone B' on a :

$$A = 0.9; b = 2.4; c = 1.2; d = 3.5; e = 4.5$$

$$S_1 = 63.69 \text{ m}^2 S_2 = 63.69 \text{ m}^2 S_3 = 112.15 \text{ m}^2 S_4 = 2.1 \text{ m}^2 S_5 = 6 \text{ m}^2$$

$$D_{Réf} = 379.107 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

- ✓ Calcul des déperditions par renouvellement d'air ( $D_R$ ) :

$$D_R = 0.34 \times Q_V = 0.34 \times 0.6 \times V = 48.07 \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$

$$D_i = 162.63 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

- ✓ Calcul des déperditions de base :

➤ Les déperditions de base pour un local ( $D_B$ ) sont exprimées par l'équation (II.20)

déperditions de base pour un volume :

La déperdition de base pour un volume thermique  $(D_B)_i$  est calculée par l'équation (II.21)

$$(D_B)_i = 162.63 \times (21 - 0)$$

$$(D_B)_i = 3415.23 \text{ W}$$

**Tableau III.16 : Déperditions thermiques du Rez-de-chaussée(RDC)**

Classes	$D_{si}$ [W/C°]	$D_{ti}$ [W/C°]	$D_{LNC}$ [W/C°]	$D_{SOL}$ [W/C°]	$D_{Ti}$ [W/C°]	$D_{Ri}$ [W/C°]	$D_i$ [W/C°]	$D_{réf}$ [W/C°]	$D_B$ [W]
Salle de prof	51.83	10.36	0	63.5	125.69	70.49	196.18	530.91	4119.9
Labo1	32.66	6.53	0	79.8	79.8	53.8	182.79	419.1	3838.63
Salle de préparation	12.93	2.58	0	31.4	46.91	21.17	68.08	202.7	1429.8
Labo2	33.37	6.67	0	83.16	123.2	56	179.2	432.9	3763.28
Salle de réunion	53.94	10.78	0	121.2	185.92	81.6	267.52	603.5	5618.08
Atelier	17.86	3.57	2.6	24.76	48.79	16.68	65.47	175.16	1374.91
Poste de police	7.53	1.5	2.7	7.72	19.45	5.2	24.65	84	517.77
Bureau1	6.19	1.23	2.9	18.34	28.66	12.36	41.02	137.41	861.58
Bureau2	9.64	1.92	1.2	17.93	30.69	12	42.69	137.96	896.65
Salle de musique	48.51	9.7	4	100.45	162.66	67.7	230.36	513.74	4837.6
Salle de lecture	43.97	8.79	4	103.48	160.24	69.74	229.98	526.32	4829.66
Salle info de prof	14.07	2.81	0	21.8	38.68	14.69	53.37	160.48	1120.85
Salle info des élèves	31.8	6.36	2.6	75.76	116.52	51.06	167.58	397.5	3519.18
Atelier science	39.01	7.8	4	94.98	145.79	64	209.79	488.64	4405.63
Atelier physique	40.11	8.02	4	100.16	152.29	67.5	219.79	510.11	4615.63
Salle de dessin	31.72	6.34	4	71.33	113.39	48	161.39	388.8	3389.27
	$\Sigma$				1693.24	760.06			

**Tableau III.17** : Calcul des déperditions du 1<sup>er</sup> étage :

Classes	$D_{Si}$ [W/C°]	$D_{Li}$ [W/C°]	$D_{LNC}$ [W/C°]	$D_{SOL}$ [W/C°]	$D_{Ti}$ [W/C°]	$D_{Ri}$ [W/C°]	$D_i$ [W/C°]	$D_{réf}$ [W/C°]	$D_B$ [ W]
Classe2	44.36	8.87	0	2.97	56.19	48.82	105.02	383.7	2205.46
Classe 3	39.41	7.88	0	3.01	50.3	49.44	99.74	387.59	2094.58
Classe 4	34.52	6.9	0	3.06	44.48	50.21	94.69	392.28	1988.57
Classe 5	34.03	6.8	0	2.98	43.81	48.92	92.73	384.3	1947.45
Classe6	34.51	6.9	0	3.05	44.46	50.16	94.62	391.97	1987.06
Classe7	34.05	6.81	0	2.98	43.84	48.96	92.8	406.22	1948.8
Classe8	34.51	6.9	0	3.05	44.46	50.16	94.62	391.97	1987.06
Classe9	34.03	6.8	0	2.98	43.81	48.92	92.73	384.3	1947.45
Classe10	38.89	7.77	0	2.92	49.58	48.07	97.65	379.1	2050.81
Classe11	33.82	6.76	0	2.94	43.52	48.32	91.84	380.64	1928.72
Classe12	33.82	6.76	0	2.94	43.52	48.32	91.84	380.64	1928.72
Classe13	34.65	6.93	0	3.08	44.66	50.56	95.22	394.43	1999.62
Classe14	33.82	6.76	0	2.94	43.52	48.32	91.84	380.64	1928.72
Classe15	38.89	7.77	0	2.92	49.58	48.07	97.65	397.1	2050.81
Bureau1	16.47	3.29	4.3	1.33	25.39	21.93	47.32	214.69	993.8
Bureau2	10.26	2	3	0.76	16.07	12.51	28.58	138.49	600.22
Bureau3	15.47	3.09	0	1.14	19.7	18.83	38.53	195.8	809.21
Bureau4	6.68	1.33	3.2	0.73	11.94	12.13	24.07	132.69	505.59
	$\Sigma$				718.83	752.65			

### III-5 PUISSANCE DE CHAUFFAGE

Le calcul de la puissance de chauffage est effectué en majorant les déperditions thermiques de base calculées précédemment et calcul par l'équation (II.21)

Où

Les coefficients de majorations ( $c_r$  et le  $c_{in}$ ) sont prises 0.1 pour un chauffage a eau chaude continue et 0.15 pour un chauffage discontinu.

$$P_c = [2I - 0] \times [(1.1 \times D_T) + [1.1 \times D_R]]$$

$$P_c = 93195.06 \text{ W} = 93.195 \text{ KW}$$



**Conclusion :**

Les déperditions thermiques ont été calculées pour les différents locaux de l'école étudiée sur la base de la formulation du DTR-C32. Tout d'abord, les déperditions de chaleur ont été estimées, ce qui a permis de vérifier la conformité à la réglementation ; Après cela, un calcul des pertes thermiques de base a été effectué en tenant compte du site du projet (conditions de base de la zone B '). La somme des déperditions de base ainsi estimées pour les différents volumes thermiques a permis d'estimer correctement la puissance de chauffage à installer. Les résultats de ce chapitre seront utilisés pour la détermination des différents composants du système de chauffe, tels que les éléments chauffants et leurs accessoires, ainsi que le dimensionnement des tuyaux.



*Chapitre IV*

*Calcul du réseau thermique*

**IV-1 Introduction**

Un réseau de chaleur ou de distribution fonctionnant à l'aide d'un fluide caloporteur chauffé dans une ou plusieurs chaudières, le fluide chaud (eau) est utilisé pour chauffer des ambiances (locaux). La chaleur est souvent produite dans un foyer par l'utilisation de combustibles liquides (fuel), solide (charbon) ou même en utilisant de l'énergie dite renouvelable (solaire dite solaire, éolienne, géothermique. Etc.).

**IV-2 Réseau de distribution d'eau chaude**

Ce type de réseau correspond généralement à une grande installation de chauffage à eau chaude, qui peut être fermé ou ouvert selon son activité (chauffage domestique ou chauffage à des fins industrielles). Le transport de chaleur se fait par de l'eau dont la température est la même que celle d'un chauffage central. Dans ce type de réseau, tout est réglé de manière centralisée en fonction de la température extérieure.

**IV-3 Tuyauteries appliquées dans un réseau (acier noir)**

**L'acier noir** est un acier doux dont la fabrication à chaud lui confère une oxydation superficielle. Cette couche superficielle formée d'oxydes de fer de couleur noire lui donne son nom commun dans la profession. Cette couche de calamine peu adhérente au métal sous-jacent se détache dès les premières mises en service, en fonction des températures et pressions différentes qualités sont disponibles. Les normes qui caractérisent ces tubes sont de la série NF A-49xxx.

**IV-4 Régime de température**

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 80°C aller/60°C retour).

On définit :

$\Delta T = ((\text{Température d'entrée} + \text{Température de sortie d'eau}) / 2) - \text{Température de confort}$ .

A.N :  $\Delta T = [(80+60)/2] - 21 = 49 \text{ °C}$

**IV-5 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 classe 1 :

**Tableau IV.1 : Choix des corps de chauffe**

Modèles	Hauteur (mm)	Largeur d'élément (mm)	Epaisseur D'élément (mm)	Poids	Volume d'eau(L)	Emission watt 50K
S4	480	65	142	5.22	0.92	93.6
	630	65	142	6.62	1.13	119
	780	65	142	8.02	1.36	144
	900	65	142	9.17	1.53	165

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

$$P_{\text{cor}} = \frac{P}{\left(\frac{\Delta T}{50}\right)^{1.3}} = 3506.11 \quad [\text{W}] \quad (\text{IV.1})$$

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

$\Delta T$  : la différence de température entre température moyenne de l'eau dans le radiateur et la température ambiante du local prise égale à 21°C selon le DTR C32.

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

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

$$AN : \quad \text{Nbr} = 3506.11 / 119 = 29.46 \sim 30 \text{ éléments}$$

En devise les 30 éléments par 3 pour avoir trois radiateurs cela dû à l'existence de trois fenêtres dans la classe 1 contant 10 éléments dans chacun.

- ***Débit d'eau circulant en chaque radiateur***

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

$$Q_v = \frac{p_a}{\Delta T} \quad [\text{l/h}] \quad (\text{IV.2})$$

Sachant que la puissance installée peut être calculé par :

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

AN : Puissance installée =  $10 \times 119 = 1190$  W

$$P_{\text{installée}} = 1025.86 \text{ Kcal}$$

$$\text{DELTA}(T) = 80 - 60 = 20^\circ\text{C}$$

$$Q_v = \frac{1025.86}{20} = 51.29 \text{ L/h}$$

- ***Volume d'eau du radiateur***

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

AN : Volume d'eau du radiateur =  $1.13 \times 10 = 11.3$  L

- ***Longueur de radiateur***

La longueur du radiateur est la somme des longueurs des éléments constituant le radiateur.

$$L_r = 0.065 \times 10 = 0.65 \text{ m}$$

Où  $L_r$  : est la longueur d'un radiateur en (m).

Tableau IV.2 : Choix des corps de chauffe pour le 1<sup>er</sup> étage

	Type de radiateur : de marque : « Savane fonte à façade plane » gamme Horizontal a élément								
	Déperdition [W]	Puissance corrigé [W]	Nbr de radiateur	Puissance de radiateur [W]	Puissance en [kcal]	Nbr d'élément	Largeur [mm]	Le débit [l/h]	Volume d'eau[l]
Classe2	2205.46	3280	2	1190	1025.86	10	650	51.29	11.3
Classe3	2094.58	2380	2	1190	1025.86	10	650	51.29	11.3
Classe4	1988.57	2142	2	1071	923.27	9	585	46.16	10.17
Classe5	1947.45	2142	2	1071	923.27	9	585	46.16	10.17
Classe6	1987.06	2142	2	1071	923.27	9	585	46.16	10.17
Classe7	1948.8	2142	2	1071	923.27	9	585	46.16	10.17
Classe8	1987.06	2142	2	1071	923.27	9	585	46.16	10.17
Classe9	1947.45	2142	2	1071	923.27	9	585	46.16	10.17
Classe10	2050.81	2142	2	1071	923.27	9	585	46.16	10.17
Classe11	1928.72	2142	2	1071	923.27	9	585	46.1	10.17
Classe12	1928.72	2142	2	1071	923.27	9	585	46.16	10.17
Classe13	1999.62	2142	2	1071	923.27	9	585	46.16	10.17
Classe14	1928.72	2142	2	1071	923.27	9	585	46.16	10.17
Classe15	2050.81	2142	2	1071	923.27	9	585	46.16	10.17
Bureau1	993.8	1071	1	1071	923.27	9	585	46.16	10.17
Bureau2	600.22	714	1	714	615.51	6	390	30.77	6.78
Bureau3	809.21	833	1	833	718.10	7	455	35.90	7.91
Bureau4	505.59	595	1	595	512.93	5	325	25.64	5.65
	Σ				15900.77				

Tableau IV.3 : Choix des corps de chauffe pour réz de chaussé

	Type de radiateur : de marque : « Savane fonte à façade plane » gamme Horizontal a élément								
	Dépériditions [W]	Puissance Corrigée [W]	Nombre de radiateur	Puissance de Radiateur [W]	Puissance[kcal]	Nbr des éléments	Largeur [mm]	Le débit[l/h]	Volume d'eau [l]
Salle des profs	4119.9	4229.53	4	1071	923.27	9	585	46.16	10.17
Labo 1	3838.63	3940.78	3	1428	1231.03	12	780	61.55	13.56
Salle de préparation	1429.8	1467.84	2	833	718.1	7	455	35.9	7.91
Labo2	3763.28	3863.42	3	1309	1128.44	11	715	56.42	12.43
Salle de réunion	5618.08	5767.58	5	1190	1025.86	10	650	51.29	11.3
Atelier	1374.91	1411.49	1	1428	1231.03	12	780	61.55	13.56
Poste de police	517.77	531.54	1	595	512.93	5	325	25.64	5.65
Bureau1	861.58	884.50	1	952	820.68	8	520	41.03	9.04
Bureau 2	896.65	920.51	1	952	820.68	8	520	41.03	9.04
Salle de musique	4837.6	4966.33	4	1309	1128.44	11	715	56.42	12.43
Salle de lecture	4829.66	4958.18	4	1309	1128.44	11	715	56.42	12.43
Salle info de prof	1120.85	1150.67	1	1190	1025.86	10	650	51.29	11.3
Salle info des élèves	3519.18	3612.83	3	1309	1128.44	11	715	56.42	12.43
Atelier science	4405.63	4522.87	4	1190	1025.86	10	650	51.29	11.3
Atelier physique	4615.63	4738.45	4	1190	1025.86	10	650	51.29	11.3
Salle de dessin	3389.27	3479.46	3	1190	1025.86	10	650	51.29	11.3
	$\Sigma$				15900.78				

**IV- 6 Choix de la chaudière et du bruleur**

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

$$P_{\text{chaudière}} = \sum p_r + (10\% \times \sum p_r) \quad (\text{IV.3})$$

$$P_{\text{chaudière}} = 77554.78 \times 1.1$$

$$A.N : P_{\text{chaudière}} \sim 90000 \text{ kcal}$$

Pour le bruleur :

$$p_{\text{brûleur}} = P_{\text{chaudière}} \times 1.15 \quad (\text{IV.4})$$

$$A.N : 90000 \times 1.15 = 103500 \text{ kcal}$$

**IV-7 Détermination du diamètre de la tuyauterie**

**Tableau IV.4 :** Détermination du diamètre de la tuyauterie

Diamètre [mm]	15/21	20/27	26/34	33/42	40/49
La puissance [Kcal/h]	4230	9480	18000	37900	49800
La vitesse [m/s]	0.32	0.38	0.44	0.55	0.6

**IV-8 Calcul Hydraulique**

✓ Débit volumique :

$$Q_v = \frac{P}{\Delta T} \text{ [l/h]} \quad (\text{IV.5})$$

✓ La Section de tuyauterie:

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4} \text{ [m}^2\text{]} \quad (\text{IV.6})$$

✓ Volume de tuyauterie :

$$V_t = S \times L \text{ [m}^3\text{/s]} \quad (\text{IV.7})$$



- pertes de charge linéaires et singulières

- ✓ Les pertes de charge linéaires

$$\Delta P_L = \Delta P \times L [\text{Pa}] \tag{IV.8}$$

- ✓ Les pertes de charge singulières

$$\Delta P_s = \sum \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 [\text{Pa}] \tag{IV.9}$$

$$\Delta P_T = \Delta P_L + \Delta P_s \tag{IV.10}$$

**Tableau IV.5 :** Calcul des pertes de charge du RDC :

Rep	P [kcal/h]	ΔT [°C]	Qv [l/h]	D int [mm]	S tube [m <sup>2</sup> ]	V [m/s]	£	L [m]	ΔP [pa]	ΔPI [pa]	ΔPs [pa]	ΔPt [pa]	Vt [m <sup>3</sup> ]
1-2	4924	20	246	15	17×10 <sup>-5</sup>	0.38	56.4	37	10	370	4072	4442	0.007
2-3	9510	20	477	20	31×10 <sup>-5</sup>	0.44	35.2	15	10	150	3407	3557	0.005
3-4	18465	20	923	26	53×10 <sup>-5</sup>	0.55	81.2	34	10	340	1228	12621	0.018
4-5	20722	20	1036	33	85×10 <sup>-5</sup>	0.55	19.8	38	10	380	393	3374	0.033
5-6	20722	20	1036	33	85×10 <sup>-5</sup>	0.55	2.6	30	10	300	393	693	0.026
												24687	0.089

Rep	P [kcal/h]	ΔT [°C]	Qv [l/h]	Dint [mm]	S tube [m <sup>2</sup> ]	V [m/s]	£	L [m]	ΔP [pa]	ΔPI [pa]	ΔPs [pa]	ΔPt [pa]	Vt [m <sup>3</sup> ]
7-8	3385	20	169	15	17×10 <sup>-5</sup>	0.32	28.4	12	10	120	1454	1574	0.002
8-9	10053.4	20	502	20	31×10 <sup>-5</sup>	0.44	57.6	39	10	390	5575	5965	0.013
9-10	18568	20	928	26	53×10 <sup>-5</sup>	0.55	73.2	34	10	340	11071	11411	0.018
10-11	27800	20	1390	33	85×10 <sup>-5</sup>	0.55	86.4	42	10	910	12856	13766	0.036
11-12	27800	20	1390	40	0.002	0.55	1.4	49	10	490	211	701	0.062
												33417	0.131

Tableau IV.6 : Calcul des pertes de charge du premier étage :

Rep	P [kcal/h]	ΔT	Qv [l/h]	Dint [mm]	S [m <sup>2</sup> ]	V [m/s]	£	L [m]	ΔP [pa]	ΔPL [pa]	ΔPS [pa]	ΔPT [pa]	Vt [m <sup>3</sup> ]
1-2	4616.4	20	230.8	15	17×10 <sup>-5</sup>	0.38	56.8	57	10	570	4100	4670	0.010
2-3	10155.9	20	507.8	20	31×10 <sup>-5</sup>	0.44	57.2	34	10	340	5536	5876	0.011
3-4	12002.5	20	600.1	26	53×10 <sup>-5</sup>	0.44	18.6	15	10	150	1800	1950	0.008
4-5	32724.8	20	1636.4	33	85×10 <sup>-5</sup>	0.55	2.6	30	10	300	393	693	0.026
												13189	0.065

Rep	P [kcal/h]	ΔT [°C]	Qv [l/h]	Din [mm]	S [m <sup>2</sup> ]	V [m/s]	£	L [m]	ΔP [Pa]	ΔPI [pa]	ΔPs [pa]	Δpt [pa]	Vt [m <sup>3</sup> ]
6-7	5026	20	251	15	17×10 <sup>-5</sup>	0.38	52.8	51	10	510	3812	4322	0.009
7-8	9643	20	482	20	31×10 <sup>-5</sup>	0.44	47.6	27	10	270	4607	4877	0.009
8-9	17029	20	851	26	53×10 <sup>-5</sup>	0.44	78.6	53	10	530	7608	8138	0.028
9-10	44829.9	20	2241	40	0.002	0.6	1.4	49	10	490	252	742	0.062
												18079	0.108

• Dimensionnement des pompes :

$$Q = \frac{P_{chaudière}}{\Delta T} [W] \tag{IV.11}$$

P Chaudière = 90000×1.16 = 104400 W = 104.4 KW

A.N :  $Q = \frac{104.4}{20} = 5.22 \sim 6 \text{ m}^3/\text{h}$

On choisi deux pompes, chaque pompe a un débit de 6m<sup>3</sup>/h fonctionnant chacune à 50% de sa capacité. La pompe de recirculation sera d'un débit de 3 m<sup>3</sup>/h.

• Dimensionnement de l'adoucisseur d'eau :

$$CE = V_{ins} \times TH_{AT} [m^3 \cdot ^\circ F] \tag{IV.12}$$

Vins :La volume d'eau d'installation

$$V_{ins} = V_{tuyauterie} + V_{radiateur} + V_{chaudière} [L] \quad (IV.13)$$

$$V_{Tuyauterie} = 0.8 \text{ m}^3 = 800L$$

$$V_{radiateur} = 756 \times 1.13 = 855L$$

$$V_{chaudière} = 1000 L$$

$$A.N: \quad V_{in} = 800 + 854.28 + 1000 = 2655L$$

$$V_{in} = 2.655 \text{ m}^3$$

$$T_{HAT} = 30^\circ F$$

$$A.N: \quad CE = 2.655 \times 30 = 79650 \approx 80 \text{ m}^3 \cdot ^\circ F$$

- **Dimensionnement du vase d'expansion**

Augmentation du volume :

$$\Delta V_i = n \times V_i [L] \quad (IV.14)$$

n : dilatation de l'eau 3.55%

Vins : volume de l'installation

$$A.N: \quad \Delta V_i = 0.0355 \times 2655 = 95L$$

Coordinance résiduelle :

$$V_r = 0.5 \% \times V_{ins} [L] \quad (IV.15)$$

$$A.N: \quad V_r = 0.005 \times 2655 = 14L$$

Pression finale : 2.5 bars

Pression initiale :  $P_i = 0.1 \times h = 0.1 \times 7.4 = 0.74$  bars

$$V_n = (\Delta V_i + V_r) \times \left[ \frac{P_f + 1}{P_f - P_i} \right] \quad (IV.16)$$

$$A.N: \quad V_n = (95 + 14) \times \left[ \frac{2.5 + 1}{2.5 - 0.74} \right] = 217L$$

On choisit un Vase d'expansion de 250 L.

- Dimensionnement de ventilation de la chaufferie

Section de la cheminée :

$$S = \frac{P_{chad}}{\left[10^6 \times \left(\frac{H}{10}\right)^{0.5}\right]} \text{ [m}^2\text{]} \quad (\text{IV.17})$$

$$H = h \times (\rho_e - \rho_i) \quad \rho_e = 1.293 \quad \rho_i = 0.927 \quad h = h_B + 1$$

Ou H:La hauteur de la cheminée

h :La hauteur de l'école

$$A.N : h = 7.4 + 1 = 8.4 \text{ m}$$

$$A.N : H = 8.4 \times (1.293 - 0.927) = 3.07 \text{ m}$$

A.N:

$$S = \frac{104400}{\left[10^6 \times \left(\frac{3.07}{10}\right)^{0.5}\right]} = 0.19 \text{ m}^2$$

Section de la ventilation haute :

$$S_{v \text{ haute}} = \frac{S_{cheminée}}{2} \text{ [m}^2\text{]} \quad (\text{IV.18})$$

A.N :

$$S_{v \text{ haute}} = \frac{0.19}{2} = 0.095 \text{ m}^2$$

Section de la ventilation basse :

$$S_{v \text{ basse}} = \frac{S_{cheminée} + S_{v \text{ haute}}}{2} \text{ [m}^2\text{]} \quad (\text{IV.19})$$

A.N :

$$S_{v \text{ basse}} = \frac{0.285}{2} = 0.15 \text{ m}^2$$

### Conclusion

Le réseau thermique a été calculé en se basant sur la réglementation thermique Algérienne (DTR-C32). Le régime de température a été choisi 80°C aller/60 °C retour et sur ce choix que les autres paramètres ont été dimensionnés ; citant à titre d'exemple les corps de chauffe, la chaudière, le bruleur ainsi que les paramètres du réseau de distribution d'eau chaude.



# *Devis quantitativ et estimatif*

## Devis Quantitatif et estimatif

### Devis Quantitatif et estimatif :

Le devis estimatif et quantitatif de l'installation de chauffage à eau chaude étudié est présenté dans le tableau 1 et 2 :

#### 1. RESEAUX INTERIEUR ET EXTERIEUR

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix en HT	Montant en HT
	Fourniture et pose de tuyau en acier noir tarif III ou X, posé en apparent , y compris cintrage, soudure, supports, colliers de fixation, peinture anticorrosion, joints de dilatation et toutes sujétions de fourniture et de mise en œuvre, de raccordement, de branchement et de parfaite réalisation suivant les règles de l'art.				
1	· Diamètre 15/21	ML	241,00	900,00	216 900,00
2	· Diamètre 20/27	ML	115,00	1 050,00	120 750,00
3	· Diamètre 26/34	ML	136,00	1 250,00	170 000,00
4	· Diamètre 33/42	ML	140,00	1 550,00	217 000,00
5	· Diamètre 40/49	ML	98,00	1 800,00	176 400,00
6	Fourniture et pose de purgeur d'air automatique, y compris toutes sujétions d'accessoires et de sécurité, de raccordement, de branchements, main de d'œuvre spécialisée et de parfaite mise en marche suivant les règles de l'art et les normes en vigueur.	U	4,00	800,00	3 200,00
	Fourniture et pose de vanne d'isolement y compris pièces de raccordement, supports et toutes sujétions de fourniture et de mise en œuvre, de raccordement, de branchement et de parfaite réalisation suivant les règles de l'art.				
7	· DN 26	U	4,00	1 450,00	5 800,00
8	· DN 33	U	8,00	2 000,00	16 000,00
9	· DN 40	U	4,00	2 300,00	9 200,00
	Fourniture et pose de radiateurs en fonte équipé de robinet simple en réglage, te de réglage , bouchon plein , purgeur d'air y compris, raccordement, supports et toutes sujétions de fourniture et de mise en œuvre, de raccordement, de branchement et de parfaite réalisation suivant les règles de l'art.				
10	· 5 éléments	U	2,00	15 000,00	30 000,00
11	· 6 éléments	U	1,00	16 500,00	16 500,00
12	· 7 éléments	U	3,00	19 250,00	57 750,00
13	· 8 éléments	U	2,00	22 000,00	44 000,00
14	· 9 éléments	U	28,00	24 500,00	686 000,00
15	· 10 éléments	U	21,00	27 500,00	577 500,00
16	· 11 éléments	U	14,00	29 500,00	413 000,00
17	· 12 éléments	U	4,00	32 400,00	129 600,00
18	Réalisation de caniveaux en B,A de dim: 0,4 x 0,5 x 0,1m avec couverture par des dalette en béton armé de dim: 0,4 x 0,1m y/c toute sujétion de bonne execution.	ML	50,00	3 000,00	150 000,00
<b>S/TOTAL HT</b>					<b>2 889 600,00</b>

## Devis Quantitatif et estimatif

### 2. EQUIPEMENTS DE LA CHAUFFERIE

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix en HT	Montant en HT
1	Fourniture et pose de chaudière en fonte à foyer présuré avec brûleur mixte à gaz naturel, posée sur socle en béton aux dimensions indiquées, avec soupape de sécurité y compris toutes sujétions d'équipements, d'accessoires, de sécurité, des raccordements, des branchements, d'évacuation des gaz brûlés, de régulation, socle, essais de température, main de d'œuvre spécialisée et de parfaite mise en marche suivant les règles de l'art et les normes en vigueur.	U	2	800000	1600000
	*Porte foyer avec plaque brûleur				
	*Trappe de ramonage avec viseur de flammes				
	* Jaquette en tôle acier laquée fortement calorifugée				
	* Carneau d'évacuation en tôle galvanisé 10/12				
	*Contre bride de départ et retour chauffage				
2	Fourniture et pose de vase d'expansion fermé à membrane, Capacité 250 Litres, présenté préalablement à l'agrément du maître de l'ouvrage, sous pression d'azote taré, en tôle anti corrosive, avec valve de gonflage standard, vessie en butyle interchangeable, température max. 110°C pression d'épreuve 6 bars, y compris toutes sujétions d'équipements, d'accessoires et de sécurité, de raccordement, de branchements, main de d'œuvre spécialisée et de parfaite mise en marche suivant les règles de l'art et les normes en vigueur.	U	1	150000	150000
3	Fourniture et pose d'adoucisseur d'eau, présenté préalablement à l'agrément du maître de l'ouvrage, habillé en acier inoxydable contenant les résines échangeuses de cations agréées par le ministère de la santé, avec préparateur, bloc de commande hydraulique, coffret de commande et régulation, sélection de cadence et sélecteur d'horaire y compris toutes sujétions d'équipements, d'accessoires et de sécurité, bac à sel, vanne automatique, de raccordements, de branchements, main de d'œuvre spécialisée et de parfaite mise en marche suivant les règles de l'art et les normes en vigueur.	U	1	130000	130000
	Capacité d'échange 80°F/M3				

## Devis Quantitatif et estimatif

<b>4</b>	<p>Fourniture et pose de pompe pour accélérateur, corps en fonte, arbre unique avec orifice d'aspiration, refoulements sur le même axe, séparation hydraulique des deux circulateurs par clapet, moteurs à deux vitesses, variateurs débit de pression intégré, permutation automatique avec protection par coffret de montage sur armoire de commande y compris toutes sujétions d'équipements, d'accessoires et de sécurité, de raccordements, de branchements, main de d'œuvre spécialisée et de parfaite mise en marche suivant les règles de l'art et les normes en vigueur.</p>	<b>U</b>	2	80000	160000
	· Débit 6 M3/h HMT = 4 mce				
<b>5</b>	<p>Fourniture et pose de pompe de recyclage , corps en fonte, arbre unique avec orifice d'aspiration, refoulements sur le même axe, séparation hydraulique des deux circulateurs par clapet, moteurs à deux vitesses, variateurs débit de pression intégré, permutation automatique avec protection par coffret de montage sur armoire de commande y compris toutes sujétions d'équipements, d'accessoires et de sécurité, de raccordements, de branchements, main de d'œuvre spécialisée et de parfaite mise en marche suivant les règles de l'art et les normes en vigueur.</p>	<b>U</b>	1	50000	50000
	· Débit 3 M3 HMT = 2 mce				
<b>6</b>	<p>Fourniture et pose de soupape de sûreté tarée à 3 bars, , y compris pièces de raccordement, supports et toutes sujétions de fourniture et de mise en œuvre, de raccordement, de branchement et de parfaite réalisation suivant les règles de l'art.</p>	<b>U</b>	4	4500	18000
<b>7</b>	<p>Fourniture et pose d'armoire électrique de commande et de régulation de chaufferie, présentée préalablement à l'agrément du maître de l'ouvrage, y compris toutes sujétions de fournitures, d'accessoires de sécurité et de signalisation, de chemins de câbles, de pose, de scellement, de branchement, de raccordement et de parfaite réalisation de mise en marche suivant les normes en vigueur.</p>	<b>U</b>	1	30000	30000



## Devis Quantitatif et estimatif

<b>8</b>	Fourniture et pose de sonde de température extérieure, y compris toutes sujétions de fourniture et de mise en œuvre, de raccordement, de branchement et de parfaite réalisation suivant les règles de l'art.	<b>U</b>	1	7300	7300
<b>9</b>	Fourniture et pose de régulateur, y compris toutes sujétions de fourniture et de mise en œuvre, de raccordement, de branchement et de parfaite réalisation suivant les règles de l'art.	<b>U</b>	1	30000	30000
<b>10</b>	Fourniture et pose d'aquastat limiteur, y compris toutes sujétions de fourniture et de mise en œuvre, de raccordement, de branchement et de parfaite réalisation suivant les règles de l'art.	<b>U</b>	2	5000	10000
<b>11</b>	Fourniture et pose de sonde de température de départ, y compris toutes sujétions de fourniture et de mise en œuvre, de raccordement, de branchement et de parfaite réalisation suivant les règles de l'art.	<b>U</b>	2	3450	6900
<b>12</b>	Fourniture et pose de manomètre à cadran gradué 0-12 bars diamètre 100 mm, y compris toutes sujétions d'accessoires et de sécurité, de raccordement, de branchements, main de d'œuvre spécialisée et de parfaite mise en marche suivant les règles de l'art et les normes en vigueur.	<b>U</b>	6	3500	21000
<b>13</b>	Fourniture et pose de thermomètre de réglage, gradué 0-100° à plongeur et doigt ganté, y compris toutes sujétions d'accessoires et de sécurité, de raccordement, de branchements, main de d'œuvre spécialisée et de parfaite mise en marche suivant les règles de l'art et les normes en vigueur.	<b>U</b>	4	3500	14000
<b>14</b>	Fourniture et pose de purgeur d'air automatique toutes dimensions, y compris toutes sujétions d'accessoires et de sécurité, de raccordement, de branchements, main de d'œuvre spécialisée et de parfaite mise en marche suivant les règles de l'art et les normes en vigueur.	<b>U</b>	6	500	3000
<b>15</b>	Fourniture et pose filtre tamis PN 10, , présenté préalablement à l'agrément Du maître de l'ouvrage, amovible en acier inoxydable, avec bride et contre bride, joints, y compris toutes sujétions de fourniture et de mise en œuvre, de raccordement, de branchement et de parfaite réalisation suivant les règles de l'art.	<b>U</b>	1	3000	3000

## Devis Quantitatif et estimatif

	Fourniture et pose de vanne d'isolement sur alimentation y compris pièces de raccordement, supports et toutes sujétions de fourniture et de mise en œuvre, de raccordement, de branchement et de parfaite réalisation suivant les règles de l'art.				
<b>16</b>	· DN 26	<b>ML</b>	5	1450	7250
<b>17</b>	· DN 40	<b>ML</b>	8	1950	15600
<b>18</b>	· DN 50	<b>ML</b>	5	2500	12500
	Fourniture et pose de calorifugeage des tuyauteries , à structure cellulaire fermée, laine de verre de 20 mm d'épaisseur, classement au feu M1, recouvert de toile de jute puis d'un enrobage en paxalumin collé à la lampe, présenté préalablement à l'agrément de l'architecte, y compris toutes sujétions de fourniture, de transport, de manutention, de confection, de raccordement, d'étanchéité, de mise en œuvre et de parfaite finition suivant les règles de l'art.				
<b>19</b>	· Diamètre Nominal 40	<b>ML</b>	20	1850	37000
<b>20</b>	· Diamètre Nominal 50	<b>ML</b>	20	2200	44000
<b>21</b>	· Diamètre Nominal 100	<b>ML</b>	10	4000	40000
	Fourniture et pose de tuyau en acier noir tarif III ou X, posé en apparent , y compris cintrage, soudure, supports, colliers de fixation, peinture spéciale anti-corrosion de couleur rouge et bleu pour isolation et toutes sujétions de fourniture et de mise en œuvre, de raccordement, de branchement et de parfaite réalisation suivant les règles de l'art.				
<b>22</b>	· Diamètre 40/49	<b>ML</b>	20	1800	36000
<b>23</b>	· Diamètre 50/60	<b>ML</b>	20	2500	50000
	Fourniture et pose clapet anti retour y compris pièces de raccordement, supports et toutes sujétions de fourniture et de mise en œuvre, de raccordement, de branchement et de parfaite réalisation suivant les règles de l'art.				
<b>24</b>	· DN 25	<b>U</b>	2	900	1800
<b>25</b>	· DN 40	<b>U</b>	3	2200	6600

## Devis Quantitatif et estimatif

<b>26</b>	Fourniture et pose collecteur L=1m DN 100 y compris pièces de raccordement, supports et toutes sujétions de fourniture et de mise en œuvre, de raccordement, de branchement et de parfaite réalisation suivant les règles de l'art.	<b>U</b>	4	20000	80000
	Fourniture et pose de tuyauterie en cuivre y compris, peinture à émaille sur tube, transport à pied d'oeuvre, pose, fixation, coudes, tés, filetage, fillasse, raccordement, main d'œuvre et toutes sujétions de mise en oeuvre.				
<b>25</b>	· ø40/42	<b>ML</b>	15	1400	21000
<b>28</b>	Fourniture et pose de buse de fumée en tôle Ø200, y compris transport à pied d'oeuvre, pose, fixation, main d'œuvre et toutes sujétions de mise en oeuvre.	<b>ML</b>	5	2500	12500
	Fourniture et pose de vanne d'isolement gaz y compris pièces de raccordement, supports et toutes sujétions de fourniture et de mise en œuvre, de raccordement, de branchement et de parfaite réalisation suivant les règles de l'art.				
<b>29</b>	· DN 40	<b>U</b>	3	2000	6000
<b>30</b>	Fourniture et pose d'un extincteur à poudre 9 kg pour chaufferie à gaz y compris support de fixation, plaques de consignes de sécurité et toutes sujétions de mise en oeuvre.	<b>U</b>	1	7000	7000
<b>S/TOTAL HT</b>					<b>2 610 450,00</b>



# *Conclusion générale*

## Conclusion générale

---

### **Conclusion générale**

Une étude de conception d'un système de chauffage à eau chaude d'une école (R +1) située dans la wilaya d'Ain Defla a été réalisée, dans le but de fournir l'énergie nécessaire pour répondre aux besoins des occupants (étudiants et enseignants) dans la zone climatique B'. Il est à signaler que, cette étude a été très bénéfique pour nous, car c'était une bonne expérience pour la réalisation d'installations de chauffage à eau chaude basée sur la méthode de calcul des pertes thermiques fournies par le document technique réglementaire algérien (DTR C32). Le calcul des déperditions thermiques a permis de dimensionner tous les organes du système de chauffage. Le travail effectué a permis la conception d'un système de chauffage à eau chaude fonctionnant en régime de température 80 ° C / 60 ° C ou l'acier noir a été choisi pour la tuyauterie utilisée compte tenu de ces propriétés thermodynamiques et ces avantages précieux. Il convient de noter que la conception des éléments chauffants a été réalisée en majorant les pertes thermiques de chaque local de 20%. Une telle augmentation compense sans aucun doute le mauvais dimensionnement des radiateurs à installer, notamment en raison de la faible isolation de ces locaux. Un bon contrôle de la température dans ces pièces permettra de réduire la consommation de carburant (gaz naturel), permettant ainsi la protection de la chaudière et du brûleur de cette installation. En perspective, l'étude et la réalisation d'un réseau de chauffage solaire sera une future solution pour les écoles rurales ; dont le seul inconvénient est la maintenance qualifiée de tel réseau.

## Références bibliographiques

---

### Références bibliographiques

- [1] conseil thermique. Site web : [www.conseils-thermiques.org](http://www.conseils-thermiques.org) consulté mai 2018
- [2] la Maison écologique N°42 – Déc. 2007 [https://maison.seigele.com/wp-content/media/pub\\_0801\\_maison Ecologique 42.jpg](https://maison.seigele.com/wp-content/media/pub_0801_maison_Ecologique_42.jpg)
- [3] chauffage. Site web : <https://fr.m.wikipedia.org> consulté en mai 2018
- [4] comparatif des différents types des radiateur ; site web : <https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/radiateur-electrique-inertieconsulte> Avril 2018
- [5] installateur de chauffage ; site web : <https://www.mychauffage.com> consulté en mai 2018
- [6] matériaux-equipements/travaux/plomberie-tayaux-en-cuivre site : [www.edito.seloger.com](http://www.edito.seloger.com) consulté en mai 2018
- [7] chauffage : tous les matériaux, classifications et normes site web : <https://www.consobrico.com/les-materiaux-du-chauffage> consulté en 2018
- [8] <https://www.leschroniquesdegoliath.com/conseils-maison-bricolage/le-confort-de-la-maison-renovation-bricolage/2701-2>
- [9] Guide de chauffage site : <https://www.leguideduchauffage.com> consulté en 2018
- [10] document technique Réglementaire (DTR-C32) réglementation thermique des bâtiments d'habitation. Ministère de l'habitat 1991
- [11] jean-luc Goudet, « découverte du feu : elle daterait de 790 000 ans » [archive], futura-Sciences, Octobre 2008
- [12] Joly, V.C (1869). traité pratique du chauffage, de la ventilation et de la distribution des eaux dans les habitations particulières : à l'usage des architectes, des entrepreneurs, et des propriétaires. Paris