

People's Democratic Republic of Algeria

Ministry of Higher Education and Scientific Research

Mohamed Boudiaf University of M'sila

Faculty of Technology

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة المسيلة

كلية التكنولوجيا



département de Génie Mécanique
MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

En Génie Mécanique

Option : ENERGETIQUE

Présenté par

BEN TOUMI Kamal & GHERAB Yassine

Thème

**Etude d'une installation domestique de
chauffage à eau chaude**

devant le jury composé de :

Nom et prénom	grade	Qualité
Ben kharbache Souad	MCA	Président
Ihddadene Razika	MCA	Examinatrice
Zergane Said	MCA	Encadreur

Année universitaire : 2020 /2021

N° d'ordre: GM/...../2021

Résumée

Le chauffage central à l'eau chaude est devenu une nécessité, surtout avec le Changement climatique récent. Dans ce cadre, une étude a été menée pour le système de chauffage à eau chaude pour le chauffage des pièces des maisons et avec celle-ci une maison située dans la région de M'sila (zone climatique A.) a été étudiée. Pour ce faire, la méthode présentée par le document réglementaire algérien pour le calcul thermique a été adoptée. Cela a permis d'atteindre les objectifs de cette étude.

Clés : Chauffage à l'eau chaude. Perte de chaleur. Logement (rez-de-chaussée + étage). Document réglementaire algérien

Remerciements

Tout d'abord, nous voulons remercier Dieu Tout-Puissant donne-nous la force et la patience pour faire ce travail.

Deuxièmement, nous tenons à remercier notre professeur Dr. ZERGANE .S pour Ses précieux conseils et son assistance tout au long du processus d'enquête cette étude. A l'issue de la période de formation, nous tenons à remercier toutes les personnes qui Contribuer directement ou indirectement à l'offre de cette formation de manière appropriée. Nous remercions tous les enseignants de cette année pour leur gentillesse et de la patience et tous les conseils et programmes qu'ils veulent Envoyer-moi.

Nous adressons également nos sincères remerciements aux membres du jury pour Intéressez-vous à nos recherches en acceptant une revue de nos travaux et enrichissez-les de leurs suggestions. Enfin, nous tenons également à remercier tous ceux qui ont participé à cette Travailler de près ou de loin

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

*A mes chers parents, pour tout le mal qu'ils se sont donné afin de me faciliter ma
tâche*

A mes Sœurs. Mes frères et mes proches

A mes amies dans la chambre et dans le quartier

Liste des figures

Figures °N	Titre des figures	Pages
Fig. I.1	Modes de transfert thermique	4
Fig. I.2	Interaction des molécules	5
Fig.I.3	Transfert thermique par conduction sur un mur simple	9
Fig. I.4	Transfert thermique par conduction sur un mur à plusieurs couches	10
Fig.I.5	Convection thermique	11
Fig.I.6 ; Fig.I.7	représentation schématique de la convection forcée	12
Fig. I. 9 ; Fig.I.8	représentation schématique de la convection naturelle	15
Fig. II.1	Confort thermique dans un local d'habitation	21
Fig. II.2	Chaudières au sol	25
Fig. II.3	Chaudières murales	26
Fig. II.4	radiateurs en fonte	27
Fig. II.5	radiateurs en acier	28
Fig. II .6	radiateurs en aluminium	28
Fig. II .7	Tuyau PER	29
Fig. II .8	Tuyau en cuivre	30
Fig. II .9	Tuyau en l'acier noir	30
Fig. II .10	Tuyau PPR	31
Fig. II .11	Tuyaux multicouche	31
Fig. II .12	Isolateur pour tuyaux	32
Fig. II .13	Isolant pour sols	32
Fig. II .14	Isolateur mural	33
Fig. II .15	circulateur	33
Fig. II .16	Collecteur	34
Fig. II .17	Vanne 4 voies	34
Fig. II .18	Groupes de remplissage	35
Fig. II .19	Vanne d'isolement	35
Fig. II .20	Soupape de sécurité	36

Fig. II .21	purgeur automatique	36
Fig. II .22	purgeur manuel	36
Fig. II .23	clapet anti retour	36
Fig. II. 24	vase d'expansion	37
Fig. II.25	vanne de vidange	37
Fig. II.26	pot à boue	38
Fig. II.27	Manomètre	38
Fig. II.28	sonde de température	38
Fig. II.29	Distribution monotube simple	39
Fig. II.30	Distribution monotube dérivation	39
Fig. II.30	Distribution bitube par Parapluie	40
Fig. II.31	Distribution bitube par Chandelle	40
Fig. II.32	Distribution bitube en pieuvre	41
Fig. II.33	thermostat d'ambiance	41
Fig. II.33	robinets thermostatiques	42
Fig. II.34	sonde extérieure	42
Fig. II.35	Panneau de commande de la chaudière	42
Fig.III.1	Différentes déperdition extérieures et intérieures	43
Fig.III.2	température d'un vitrage.	48
Fig.III.3	le plan de maison	57

Liste des tableaux

Tableaux N°	Titre des Tableaux	Pages
Tableau I.1	Quelques valeurs de la conductivité thermique en $W.m^{-1}.k^{-1}$	7
Tableau III.1	Les coefficients K_{vn} en fonction du type de vitrage, de la nature du matériau, sa position et son épaisseur	44
Tableau III.2	Coefficient K des portes	45
Tableau III.3	Le débit spécifique de ventilation	46
Tableau III.4	Les coefficients a, b, c, d et e	47
Tableau III.5	Température extérieure de base	51
Tableau III.6	Calcul du coefficient (K)	52
Tableau III.7	Calcul du coefficient(K) du poteau en contact avec l'extérieur	52
Tableau III.8	Les coefficients (K) d'un mur intérieur simple cloison d'épaisseur 14 cm	53
Tableau III.9	Calcul du coefficient (K) pour les poteaux en contact avec l'intérieur	53
Tableau III.10	Calcul du coefficient (K) du plancher entre étage	54
Tableau III.11	calcul du coefficient (K) de la terrasse	55
Tableau III.12	Coefficient (K) pour les portes en feuillus chêne en contact avec l'extérieur	55
Tableau III.13	Coefficient (K) pour les portes en feuillus chêne en contact avec l'intérieur	56
Tableau III.13	Dimensionnements et géométrie des locaux	56
Tableau III.14	Géométries des parois, fenêtres et portes	57
Tableau III.15	Calcul des déperditions	59
Tableau.III.16	Choix des corps de chauffe	61
Tableau III.18	Choix des corps de chauffe pour le 1 ^{er} étage	63
Tableau III.19	Détermination du diamètre de la tuyauterie	64
Tableau III.20	Devis quantitatif et estimatif	65

Sommaire

Résumé.....	I
Remerciements.....	II
Dédicaces.....	III
Liste des figures	IV
Liste des tableaux.....	V
Liste des symboles.....	VI
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Transfert de la chaleur.	
I.1. Introduction.....	2
I.2. Modes du transfert de la chaleur.....	3
I.2.1. La conduction	4
I.2.1.1. Par contact	5
I.2.1.2. Loi de Fourier	6
a) Coefficient de conduction ou conductivité thermique λ	7
b) Résistivité thermique ou résistance thermique	7
c) Flux thermique.....	8
I.2.1.3 Transfert thermique par conduction sur un mur simple	8
I.2.1.4. Transfert thermique par conduction sur un mur à plusieurs couches	9
I.2.2. La convection.....	10
I.2.2.1. Loi de Newton.....	11
I.2.2.2. relation numérique en convection forcée.....	12
I.2.2.3. La convection libre (naturelle)	14
I.2.3. Le rayonnement.....	16
I.2.3.1. La loi de Stefan Boltzmann.....	17
I.3. Les échangeurs de chaleur	17

I.4. La Température	18
Chapitre II : Les installations de chauffage domestique.	
II.1. Historique du chauffage domestique.....	20
II.2. Le confort thermique.....	20
II. 2.1. Paramètres de confort thermique.....	21
II.2.1.1.Température de l'air.....	21
II.2.1.2.Le métabolisme humain.....	21
II.2.1.3.La température radiative moyenne.....	21
II.2.1.4.L'humidité relative de l'air.....	22
II.2.1.5. La vitesse de l'air.....	22
II.2.1.6.L'habillement	22
II .3. Le chauffage.....	22
II.4. Les systèmes de chauffage	22
II .4.1. Chauffage individuel.....	22
II .4.2. Chauffage collectif.....	23
II .4.3. Chauffage central.....	23
II .5. Types d'installations de chauffage	23
II .5.1) Installation de chauffage à combustible.....	23
II .5.2. Installation de chauffage à air chaud.....	24
II .5.3. Installation de chauffage à eau chaude.....	24
II .6. Organes d'une installation de chauffage à eau.....	24
II .6.1. La chaudière.....	24
II .6.1.1. Type de chaudière	24
a) Chaudières au sol.....	25
b) Chaudières murales.....	25
II .6.2. Les radiateurs (corps de chauffes).....	27
II.6.2.1. Les radiateurs en fonte.....	27
II .6.1.1. Type de chaudière	27
II.6.2.2 Les radiateurs en acier.....	27
II.6.2.3. Les radiateurs en aluminium.....	28

II .6.3. Les tuyaux	29
II .6.3.1. Tuyau en matière plastique PER.....	29
II .6.3.2. Les tuyaux en cuivre.....	29
II .6.3.3. Tuyaux en l’acier noir.....	30
II .6.3.4. Tuyaux PPR	30
II .6.3.5. Tuyaux multicouche	31
II .6.4 . Isolant thermique	31
II .6.4.2. Isolant pour sols chauds et salles de bain	32
II .6.4.3. Isolateur mural	33
II .6.5. Les organes de fonctionnement.....	33
II .6.5.1. Le circulateur ou pompe.....	33
II .6.5.2. Collecteur	33
II .6.5.3. Vanne 3 ou 4 voies.....	34
II .6.5.4. Groupes de remplissage	34
II .6.5.5. Vanne d’isolement	35
II .6.6. Les organes de sécurité.....	35
II -6.6.1) Soupape de sécurité.....	35
II .6.6.2. Le purgeur automatique ou manuel.....	36
II .6.6.3. Le clapet anti retour.....	36
II .6.6.4) Le vase d’expansion.....	37
II .6.6.5. La vanne de vidange.....	37
II .6.6.6. Le pot à boue.....	37
II .6.7. Les organes de contrôle.....	38
II .6.7.1. Manomètre.....	38
II .6.7.2. La sonde de température.....	38
II .7. Les différents systèmes de distribution de chaleur	39
II .7.1. Distribution monotube simple	39
II .7.2. Distribution monotube dérivation	39
II .7.3. La distribution bitube.....	40
II .7.3.1. Distribution bitube par.....	40
a) Parapluie.....	40

b) Chandelle.....	40
c) La distribution bitube en pieuvre.....	40
II .8. Régulation de système de chauffage	41
II .8.1. La régulation par Le thermostat d’ambiance.....	41
II .8.2. Régulation par les robinets thermostatiques.....	41
II .8.3. La régulation avec sonde extérieure.....	42
II .8.4. Régulation directe de la chaudière	42

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1. Principes généraux et méthodes de calcul des déperditions.....	42
III .1.1. Document technique réglementaire utilisé en Algérie (DTR-C32)	42
III .1.2. Formulations mathématiques	43
III .1.3. Déperditions surfaciques par transmission à travers une paroi	44
III .1.4. Déperditions linéique.....	45
III .1.5. Déperditions par transmission à travers le sol	45
III .1.6. Déperdition à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés	46
III .1.7. Déperditions par renouvellement d’air	46
III.1.8. Vérification de l’isolation et calcul de déperditions de références.....	47
III.1.8.1. Isolation des parois.....	47
a) Cas particulier des vitrages	48
b) Supprimer un obstacle	48
III.1.8.2. Chauffer des locaux.....	48
III.1.8.3. Limitation de la production des vapeurs	49
III.1.8.4. Ventilation :.....	49

III.1.8.5. Supprimer un problème de condensation interne dans les châssis en bois pleins.....	50
III.1.9. Calcul des déperditions de base.....	50
III.1.10. Puissance de chauffage.....	51
III.2. Calculs des déperditions et estimation de la puissance de chauffage.....	51
III.2.1. Détermination des coefficients de transmission thermique surfacique K	52
III.2.1.1. Coefficients de transmission pour les parois séparant deux ambiances à températures différentes.....	52
III.2.1.2. Coefficient (K) pour les poteaux en contact avec l'extérieur.....	52
III.2.1.3. Coefficients de transmission pour les parois en contact avec l'intérieur.....	53
III.2.1.4. Coefficient (K) pour les poteaux en contact avec l'intérieur.....	53
III.2.1.5. Coefficient K du plancher entre étage.....	54
III.2.1.6. Coefficient K de la terrasse	54
III.2.1.7. Coefficient de transmission thermique (K) pour les portes	55
III.3. Dimensionnements et de géométries de différentes chambres.....	56
III.4. Calcul des déperditions thermiques.....	58
III .5. Puissance de chauffage.....	60
III.6. Calcul du réseau thermique.....	60
III.6.1.Réseau de distribution d'eau chaude	60
III.6.2.Tuyauteries appliquées dans un réseau (multicouche)	61
III.6.3.Régime de température	61
III.6.4.Choix du corps de chauffage	61

III.6.4.1.Débit d'eau circulant en chaque radiateur	62
III.6.4.2.Volume d'eau du radiateur	63
III.6.4.3.Longueur de radiateur	63
III.6.5.Choix de la chaudière	64
III.6.6.Détermination du diamètre de la tuyauterie	64
III.7. Devis quantitatif et estimatif.....	65

Liste des symboles

S	La surface de paroi	m ²
e	Epaisseur de la paroi	m
h	Le coefficient d'échange	W/m ² . °C
Q	Flux de chaleur	W
λ_i	Conductivité thermique	W/m ² . °C
T _p	Température de la paroi	°C
σ	Constante de la Stefan Boltzmann :	5.65×10 ⁻⁸ W/m ² .K ⁴
ε	Le facteur d'émission de la surface /	
D _i	Déperdition thermique totales	W/°C
D _{Ti}	Déperditions par transmission du volume i.	W/°C
D _{Ri}	Déperditions par renouvellement d'air du volume i.	W/°C
D _{Si}	Déperdition surfacique.	W/°C
D _{li}	Déperdition à travers les liaisons.	W/°C
D _{sol}	Déperdition à travers les parois en contact avec le sol.	W/°C
D _{Inc}	Déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés	W/°C
D _{Rv}	Déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation.	W/°C
D _{RS}	Déperditions supplémentaire dues au vent	W/°C
D _{ref}	Déperditions de référence.	W/°C
K	La conductance thermique	W/m ² .°C
A	La surface intérieure de la paroi.	m ²
S _p	La surface de paroi en contact avec l'extérieur	m ²
S _{pc}	La surface de paroi en contact avec un comble	m ²
S _{pvs}	La surface de paroi en contact avec un vide sanitaire.	m ²
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	$m^2 \cdot ^\circ C/W$
KVN	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
$Q_{v\text{réf}}$	Le débit extrait de référence.	m^3/h
D	Le diamètre de la conduite parcourue.	m
ρ	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
ΔP_L	Les pertes des charges linéaires.	Pa
ΔP_s	Les pertes des charges singulières	Pa
ΔP_T	Les pertes des charges totales	Pa
P_{cor}	Puissance corrigé	W
D_{int}	Diamètre de tuyauterie	m
ξ	Coefficient des pertes des charges singulières	/
Q_v	Débit volumique	L/h
Q	Débit volumique des pompes	m ³ /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 ²
H	La hauteur de la cheminé	m
h	La hauteur de l'école	m
$S_{v\ haute}$	Section de la ventilation haute	m ²
$S_{v\ basse}$	Section de la ventilation basse	m ²
C_E	Capacité de l'adoucisseur	m ³ .°F
TH_{AT}	La dureté de l'eau	°F

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 maison(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 Maison au centre de M'sila.

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

Une introduction générale ; une partie développement composée de :

- Chapitre I : Transfert de la chaleur
- Chapitre II : Les installations de chauffage domestique
- Chapitre III : Résultats et discussion

Chapitre I

Transfert de chaleur

I.1. Introduction

Les procédés utilisés dans l'industrie sont très souvent le siège d'échanges de chaleur (fours, échangeurs de chaleur, induction, refroidissement, chauffage). Les phénomènes de transfert thermique et en particulier de la chaleur, ont une importance décisive pour l'étude et le fonctionnement des appareils tels que ; les générateurs de vapeur, les fours, les échangeurs de chaleur, les condenseurs, ...etc. En raison de développement rapide de l'industrie et l'accroissement de la demande et du prix de l'énergie, l'utilisation efficace d'une installation (d'échange de chaleur) pour une dépense d'énergie minimale est le but recherché dans tous les cas.

Le transfert thermique est la science qui tente à prédire le transfert d'énergie entre les molécules ou les particules de la matière à différentes températures. Le but est d'expliquer la manière et de prédire le taux d'échange de la chaleur sous certaines conditions spécifiques. Il complète les deux premiers principes de la thermodynamique par des lois expérimentales additionnels afin d'établir les proportions de transfert d'énergie.

Le transfert de chaleur est une science qui contient plusieurs concepts pratiques de base utilisés dans de nombreuses applications industriels. Le transfert de chaleur peut s'effectuer au moyen de trois mécanismes différents, la conduction, la convection et le rayonnement. Les connaissances de base dans ce domaine, sont donc indispensables pour comprendre et maîtriser l'utilisation pratique de ces phénomènes.

Le transfert de chaleur peut être défini comme étant la transmission de l'énergie d'une région à une autre une fois la différence de température entre elles établie. Il est régi par une combinaison de lois physiques et de relations empiriques déduites de l'expérimentation. Dans la littérature relative à cette discipline, on reconnaît généralement trois modes distincts de transmission de la chaleur : la conduction, la convection et le rayonnement [1].

I.2. Modes du transfert de la chaleur

De tous temps, les problèmes de transmission d'énergie, et en particulier de la chaleur, ont eu une importance déterminante pour l'étude et le fonctionnement d'appareils tels que les générateurs de vapeur, les fours, les échangeurs, les évaporateurs, les condenseurs, etc., mais aussi pour des opérations de transformations chimiques. En effet, dans certains systèmes réactionnels, c'est la vitesse des échanges de chaleur et non la vitesse des réactions chimiques qui détermine le coût de l'opération (cas de réactions fortement endos- ou exothermique). En outre, de nos jours, par suite de l'accroissement relatif du prix de revient de l'énergie, on recherche dans tous les cas à obtenir le rendement maximal d'une installation pour une dépense d'énergie minimale [2]

Les problèmes de transfert de chaleur sont nombreux, et on peut essayer de les différencier par les buts poursuivis dont les principaux sont :

- L'augmentation de l'énergie transmise ou absorbée par une surface,
- L'obtention du meilleur rendement d'une source de chaleur,
- La réduction ou l'augmentation du passage d'un débit de chaleur d'un milieu à un autre.

Le potentiel qui provoque le transport et le transfert de l'énergie thermique est la température. Si deux points matériels placés dans un milieu thermiquement isolé sont à la même température, on peut affirmer qu'il n'existe aucun échange thermique global entre ces deux points dits en équilibre thermique (il s'agit bien d'un équilibre thermique car chacun des points matériels émet une énergie thermique nette de même module, mais de signe opposé). Le transfert de chaleur au sein d'une phase où, plus généralement, entre deux phases, se fait suivant 3 modes :

- **Par conduction.**
 - **par convection**
 - **et Par rayonnement.**
-

La conduction thermique est par exemple ce qui régit le transfert de chaleur dans des parties superficielles de la Terre (croûte). Au plus profond de la Terre (manteau et noyaux), c'est la convection qui évacue plus efficacement la chaleur vers la surface. Le transfert par rayonnement électromagnétique concerne principalement l'atmosphère avec le rayonnement du soleil vers Terre (Fig. 1.1)

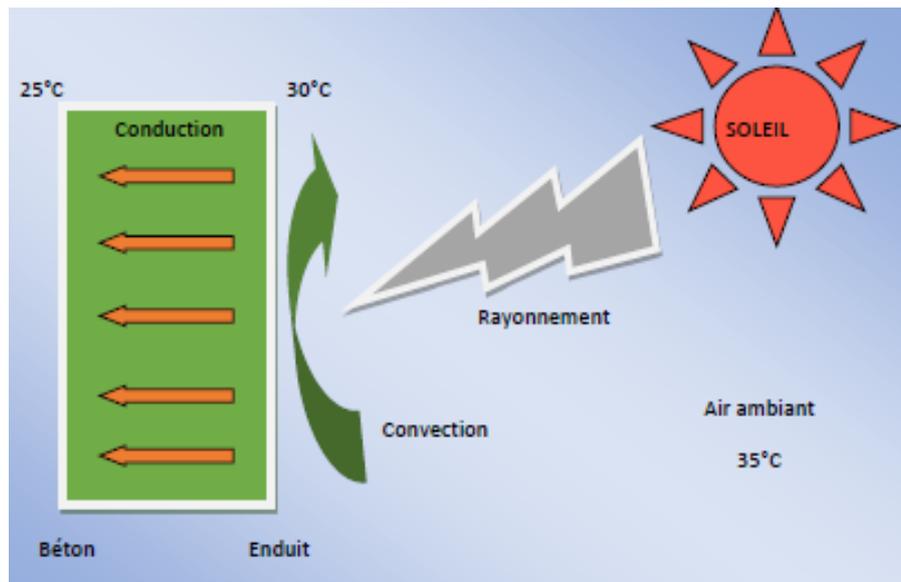


Fig. I.1 Modes de transfert thermique [3]

I.2.1. La conduction

La conduction est définie comme étant le mode de transmission de la chaleur au sein d'un milieu opaque (solide, liquide ou gazeux), sans déplacement de la matière, en présence d'un gradient de température. Elle s'effectue selon deux mécanismes différents : une transmission par vibration des molécules ou atomes et une transmission par les électrons libres. Ce mode se produit au sein d'une même phase au repos ou mobile, en présence d'un gradient de température. Dans ce cas, le transfert de chaleur résulte d'un transfert d'énergie cinétique d'une molécule à une autre molécule adjacente. Ce mode de transfert est le seul à exister dans un solide opaque (qui absorbe tous les rayons). Pour les solides transparents, une partie de l'énergie peut être transmise par rayonnement. Avec les fluides (gaz ou liquides), la convection et le rayonnement peuvent se superposer à la conduction. [1]

I.2.1.1. Par contact

C'est la conduction thermique ; On chauffe l'extrémité d'une tige métallique. La chaleur se propage dans la tige. On dit qu'il y a conduction lorsque la chaleur (transport d'énergie) se propage sans transport de matière.

On sait que :

- Les molécules/atomes sont en perpétuelle **agitation thermique**.
 - Oscillations autour des positions d'équilibre (solides, liquides).
 - Déplacements désordonnés (gaz).
- À cette agitation thermique est associée une **énergie (d'agitation thermique)** proportionnelle à la température T. [4]
- Les molécules sont en perpétuelle **interaction** les unes avec les autres ; au cours de ces chocs, elles échangent de l'énergie ; une molécule "excitée" peut ainsi perdre un peu de son énergie au profit de ses voisines avec lesquelles elle interagit (Fig. 1.2).

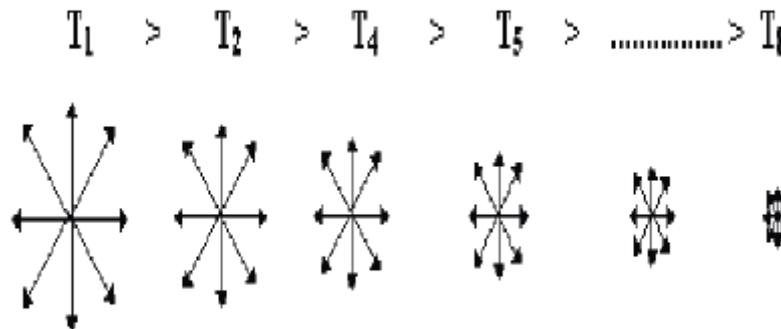


Fig. I.2 Interaction des molécules

Ainsi :

- La molécule 1 va choquer la molécule 2 et globalement lui céder une partie de son énergie.
- La molécule 2 va choquer la molécule 3, etc.
- Une partie de l'énergie de la molécule 1 va donc être transférée vers la droite, vers les molécules moins excitées (donc de température inférieure) et ceci sans déplacement de cette molécule 1. D'où un transfert de chaleur, dans la matière, sans transfert de matière 2. Des molécules de même excitation (donc de même température) échangent de l'énergie lors des chocs, mais le bilan global est nul (transferts équivalents de chaque côté). Seule la conduction assure un bon transfert de chaleur à travers les solides. Par exemple, lorsqu'on chauffe

un barreau métallique à l'une de ses extrémités, l'autre extrémité s'échauffe progressivement. Si l'on chauffe suffisamment longtemps, l'objet métallique aura la même température en tout point. La chaleur s'est propagée à partir de l'extrémité chauffée dans tout le reste du matériau. Le barreau métallique a "conduit" de la chaleur : cette propriété s'appelle la conduction thermique. Si l'on arrête subitement de chauffer l'extrémité du barreau métallique, la température diminuera progressivement puis le barreau retrouvera sa température initiale en l'occurrence celle de l'air ambiant. La chaleur transmise à travers les murs ou le plancher d'une maison se fait par conduction thermique. Les bons conducteurs de chaleur sont souvent de bons conducteurs électriques. Dans les métaux, la conduction fait intervenir les électrons libres qui les rendent bons conducteurs de la chaleur. En revanche dans les isolants, la conduction se fait mal. En résumé, il y a une forte correspondance entre les propriétés thermiques et électriques des solides. La conduction s'observe aussi dans des fluides au repos mais elle est beaucoup plus faible que dans un métal. De plus, elle est souvent dominée par la convection. (Par exemple pour le calcul des déperditions à travers une paroi)

- Pour une paroi plane

$$\theta = \frac{\lambda}{e} S \cdot \Delta T \quad (1.1)$$

- Paroi cylindrique

$$\theta = \frac{2\pi \cdot l \cdot \lambda \cdot \Delta T}{\ln \frac{R}{r}} \quad (1.2)$$

Ou :

θ Est la quantité de chaleur en Watt, λ est le coefficient de conduction du matériau en W/m.K, S est la surface du matériau en m² et T représente l'écart de température entre les 2 parois en °C ou K, l est la longueur de la paroi cylindrique en m, **R** et **r** est le rayon extérieur et intérieur de la paroi en m.

I.2.1.2. Loi de Fourier

En 1822, J. Fourier énonça la loi de transmission de chaleur par conduction, par la formule suivante [5] :

$$Q = \lambda S (\theta_1 - \theta_2) \text{ et} \quad (1.3)$$

S est la surface de la section à travers laquelle la chaleur se propage (m²)

e est l'épaisseur de matière parcourue par la chaleur (m)

θ_1 et θ_2 est la température de la surface par laquelle la chaleur entre, sort du corps (°C)

t est le temps (h)

λ est le coefficient de conduction ou conductivité thermique

(a) Coefficient de conduction ou conductivité thermique λ

La conductivité thermique λ est caractéristique du milieu "conducteur", sa valeur est en fonction de la température mais plus souvent considérée comme constante. λ est élevé pour les métaux et généralement faible pour les non métaux. Les corps dont le coefficient de conductivité thermique est élevé sont de bons conducteurs de chaleur ; ceux dont le coefficient est très faible conduisent très peu la chaleur, on dit que ce sont des isolants thermiques (Tableau 1.1). [6]

Tableau I.1 Quelques valeurs de la conductivité thermique en $W.m^{-1}.k^{-1}$

matières	Valeur de λ
Argent	429
Cuivre	401
Aluminium	237
Acier	52
Béton plein	1.75
Verre	1.20
Brique pleine	0.75
Carton	0.07
Polystyrène expansé	0.04
Laine de verre	0.04
Bois	0.20
Air	0.026

Remarque :

Les impuretés réduiront considérablement la conductivité du matériau. Les règles habituelles pour les mélanges ne s'appliquent pas aux mélanges, ni aux impuretés. La conductivité électrique de l'alliage est difficile à expliquer.

(b) Résistivité thermique ou résistance thermique

Par définition, la résistivité thermique est l'inverse de la conductivité thermique d'un cube de matière 1m de côté

$$R1 = \frac{1}{\lambda} \tag{1.4}$$

R1 est exprimé en m. h. °C. kcal-1

Pour une couche d'épaisseur e.

On a :

$$R2 = \frac{e}{\lambda} \quad (1.5)$$

On emploie la résistance thermique pour simplifier le calcul.

Prenons la loi de Fourier qui exprime la quantité de chaleur Q

$$Q = t \frac{\lambda S}{e} (\theta_1 - \theta_2) \quad (1.6)$$

On peut exprimer Q en fonction la résistance thermique R.

On obtient :

$$Q = \frac{S}{R} (\theta_1 - \theta_2) \quad (1.7)$$

On considère une couche de matière infiniment petite et disposée perpendiculairement au flux calorifique

$$Q = -\lambda S t \frac{dT}{dx} \quad (1.8)$$

$\frac{dT}{dx}$ est le gradient de température dans le sens de l'épaisseur de la paroi. Ce gradient doit être affecté du signe négatif parce que la température diminue quand l'épaisseur augmente.

Or la quantité de chaleur Q doit être positive. Pour la commodité de calcul, on a interverti les limites d'intégration en remplaçant :

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} dT \text{ par } \int_{\theta_2}^{\theta_1} dT \quad (1.9)$$

(c) Flux thermique

La loi de Fourier relie le champ scalaire de température au champ vectoriel de flux de chaleur. Par définition, le flux thermique en un point est une quantité de chaleur par unité de surface et de temps, et est proportionnelle au gradient de température.

$$\phi = \frac{Q}{st} = -\lambda \frac{dt}{dx} \text{ (kcal.m}^{-2}.\text{h}^{-1}) \quad (1.10)$$

D'une manière générale l'expression du flux thermique peut s'écrire :

$$\phi = \frac{\lambda S}{e} (\theta_1 - \theta_2) \quad (1.11)$$

En fonction de résistance thermique :

$$\phi = \frac{S}{R} (\theta_1 - \theta_2) \quad (1.12)$$

I.2.1.3 Transfert thermique par conduction sur un mur simple

Dans ce cas, l'expression de la conduction s'écrit

$$\varphi = \frac{\lambda_1 S}{e_1} (\theta_1 - \theta_2) \quad (1.13)$$

En fonction de résistance thermique :

$$\varphi = \frac{S}{R_1} (\theta_1 - \theta_2) \quad (1.14)$$

φ est le flux thermique émis par la conduction sur un mur homogène en une heure

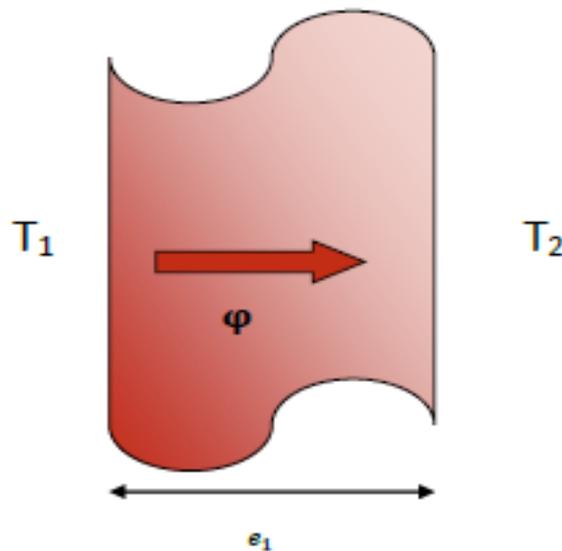
e est l'épaisseur du mur homogène (m)

λ_1 est la conductivité thermique du conducteur ($w .m^{-2} K^{-1}$)

θ_1 et θ_2 sont les températures des deux faces (K)

S est la surface de mur (m^2)

R_1 est la résistance thermique



$T_1 < T_2$

Fig.I.3 Transfert thermique par conduction sur un mur simple [7]

I.2.1.4. Transfert thermique par conduction sur un mur à plusieurs couches

Considérons un mur possédant 3 couches

Dans ce cas, l'expression de flux thermique s'écrit :

$$\varphi = \frac{Sm(\theta_1 - \theta_2)}{\frac{e_1}{R_1} + \frac{e_2}{R_2} + \frac{e_3}{R_3}} \quad (1.15)$$

φ est le flux thermique émis par la conduction sur un mur composite de surface S pendant une heure ($w . m^{-2}$)

e_1 , e_2 et e_3 sont des épaisseurs de chaque couche (m)

T_1 est la température de la face extérieure (K)

T_2 est la température de la face intérieure (K)

S_m est la surface de la matière (m²)

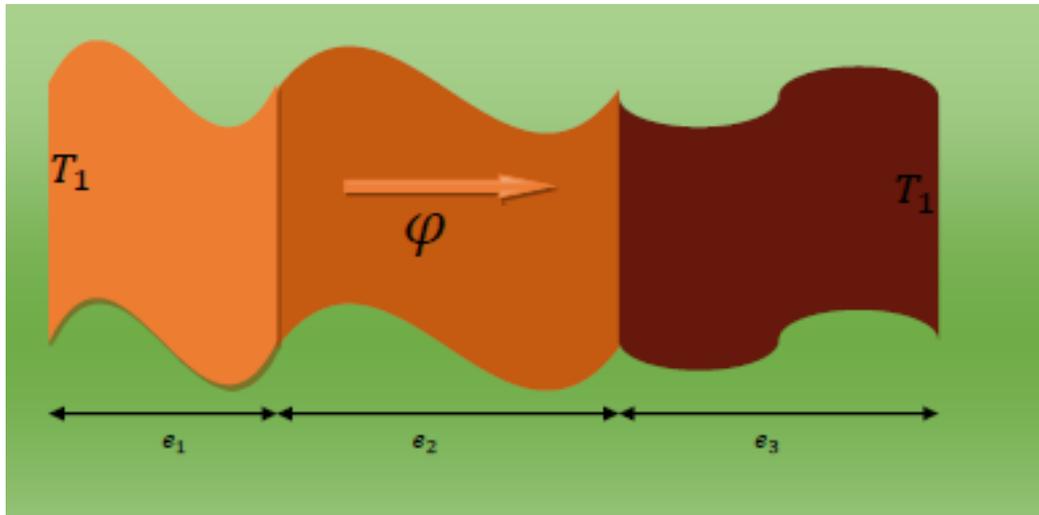


Fig. I.4 Transfert thermique par conduction sur un mur à plusieurs couches [7]

On peut écrire aussi :

$$\varphi = \frac{S_m(\theta_1 - \theta_2)}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (1.16)$$

R_1 , R_2 et R_3 sont des résistances thermiques à chaque couche.

I.2.2. La convection

La convection consiste essentiellement en la transmission de l'énergie par le mouvement ou le déplacement macroscopique d'une parcelle (grand nombre de molécules), généralement d'un fluide d'une région à autre. Ce mécanisme est accompagné toujours par le transfert d'énergie dû au mouvement moléculaire et qui représente le côté conductif de ce mode. On distingue deux types de convection ; la convection naturelle (convection libre) où le mouvement des particules est dû aux différences de température qui sont imposées au fluide.

La différence de température implique une différence de masses volumiques (déplacement des particules, dilatation), exemple (chauffage de l'eau dans un récipient). La convection forcée où le mouvement des particules résulte de la pression appliquée au fluide par l'intermédiaire des moyens mécaniques, (d'une pompe par exemple).

Le transfert de la chaleur par convection, se produit entre deux phases dont l'une est généralement au repos et l'autre en mouvement, en présence d'un gradient de température.

Le mouvement du fluide peut résulter de la différence de masses volumiques (ρ) due aux différences de températures. [1]

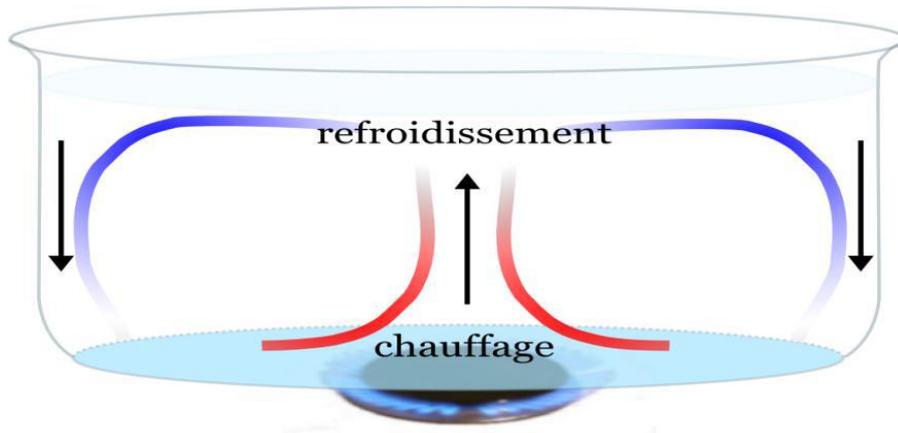


Fig.I.5 Convection thermique. [8]

I.2.2.1. Loi de Newton

- Convection : [9]

Le flux de chaleur échangé entre un fluide mis en contact avec une paroi de température différente. Ce mécanisme de transfert est régi par la loi de Newton : La loi de Newton pour la convection est :

$$d\phi = h (T_P - T_f) dS \quad (1.17)$$

Avec :

ϕ est le flux échangé par convection (en w).

h est le coefficient de convection (en $w/m^2 K$).

S est surface de la paroi en contact avec le fluide (en m^2).

T_P est la température de la paroi solide (en k).

T_f est la température du fluide (en k).

Le coefficient de convection est très compliqué à calculer, car il dépend de nombreux Paramètres. Le transfert de chaleur est d'autant plus intense, donc le coefficient de convection fort, que :

La vitesse de l'écoulement est plus élevée.

L'écoulement est turbulent que laminaire.

La chaleur massique du fluide C_p est plus élevée.

La conductivité thermique λ est forte.

La viscosité cinématique du fluide ν est faible.

L'état de surface, sa forme et sa géométrie sont favorables aux échanges de chaleur.

I.2.2.2. relation numérique en convection forcée

Définition :

C'est un transfert d'énergie qui s'accompagne de mouvement de molécules dans un fluide (liquide ou gaz). Il y a projection par un dispositif mécanique des molécules sur le dispositif chauffant. Le mouvement provoque le transfert de chaleur.

Exemple de transfert par convection : échange entre chaud et froid dans des échangeurs (convection forcée), refroidissement d'une tasse de liquide chaud en soufflant dessus (convection forcée), diffusion au-dessus d'un radiateur électrique (convection naturelle s'il n'y a pas de soufflerie dans le radiateur). La convection forcée est obtenue en soumettant le fluide à une augmentation de pression, qui favorisera le brassage du fluide. Lorsqu'un fluide de température θ_1 est placé en contact avec une surface S de température θ_2 , il se crée un flux de chaleur Φ de la zone chaude vers la zone froide donné par la relation suivante (fig1.6) :

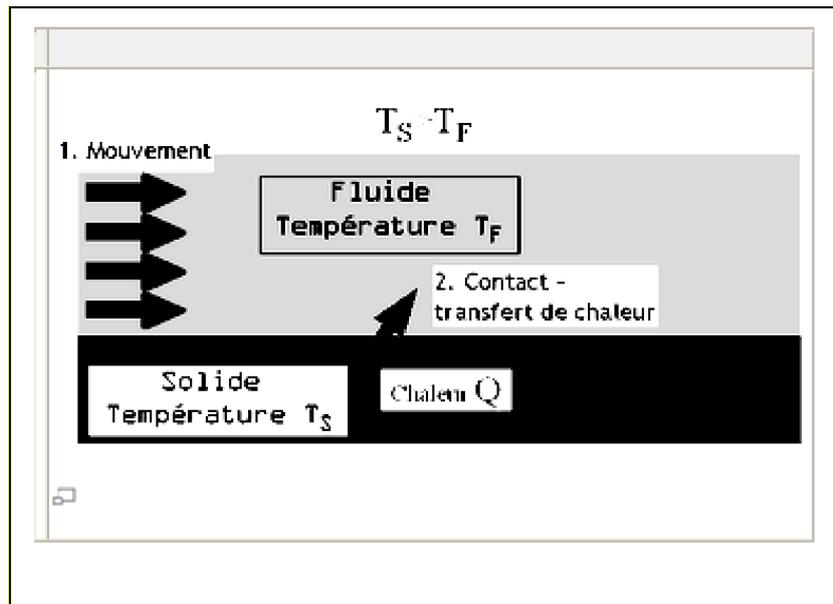


Fig.I.6 représentation schématique de la convection forcée

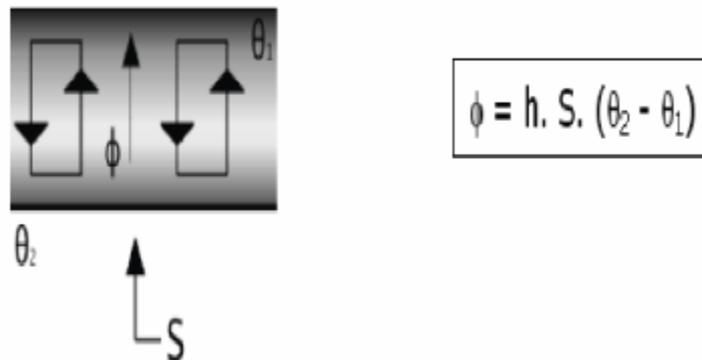


Fig.I.7

Remarque 1 : clairement dans cette relation que deux facteurs favorisent la convection : la surface de contact et le coefficient **h**. Le coefficient **h**, exprimé en $W / (m^2 \cdot ^\circ K)$, est la conductance thermique de convection, ou coefficient d'échange thermique par convection. Ce coefficient est assez difficile à calculer car il dépend de la conduction entre les particules du fluide qui se rencontrent et le mélange naturel et/ou forcé du fluide.

Remarque 2 : Au niveau de la surface de contact on observe un phénomène de conduction entre le solide et le fluide, il est cependant exclu des calculs car moindre comparé au transfert convectif.

De façon générale la convection dépend de la surface de contact et des caractéristiques du fluide :

- Vitesse du fluide
- Masse volumique du fluide
- Viscosité dynamique du fluide
- Conductivité thermique du fluide
- Chaleur massique du fluide

Concernant la convection entre un radiateur et l'air, on ne peut évidemment pas choisir le fluide en question. Par contre on peut agir sur sa vitesse à l'aide d'un ventilateur mais il ne faut pas non plus que le ventilateur soit trop puissant sinon, nous l'expliquerons plus loin, on risque une perte de charges trop importante. Il en va de même pour un système à refroidissement liquide (parfois appelé water-cooling), la pompe ne doit pas être surdimensionnée par rapport au système.[15]

En effet, lorsqu'un fluide est soumis à une forte pression et à des changements brusques de pression (forte vitesse et parcours tortueux), il se produit un échauffement du fluide par son propre mouvement et par son mouvement sur les parois. Cette résistance du circuit due aux frottements et aux obstacles fait diminuer la charge initiale tout au long du parcours et c'est pourquoi on "qualifie" cette diminution de perte de charge. Si l'on veut éviter ce phénomène il est nécessaire d'obéir à certaines règles de thermodynamique. Par exemple, il vaut mieux éviter au maximum les angles aigus dans la conception du parcours du fluide, et éviter les différences de capacité volumique d'entrée et de sortie pour ne pas que le fluide soit sous pression à l'intérieur de l'échangeur. Il faut donc favoriser le brassage du fluide pour améliorer la convection, mais ne pas le soumettre à une brusque pression sur les parois de l'échangeur.

I.2.2.3. La convection libre (naturelle)

On l'appelle aussi convection libre qui s'observe dans les liquides et les gaz lorsque leur température n'est pas uniforme. Sous l'effet de la chaleur, le fluide se dilate, sa masse volumique baisse et il a tendance à monter sous l'effet de la poussée d'Archimède. Lorsqu'il se refroidit, l'inverse se produit et il redescend.

Le mouvement du fluide entraîne donc un transfert de chaleur. Citons quelques exemples de phénomène de convection : [10]

- Le chauffage d'une pièce par un radiateur ;
- Au bord de la mer (ou d'un grand lac), la brise du matin qui va de la mer vers la terre, qui se réchauffe plus vite sous l'effet du soleil ;
- La brise du soir, qui va de terre vers la mer, qui accumule la chaleur de la journée ;
- La dissipation par des radiateurs de la chaleur dissipée par des composants électroniques.

On peut déterminer la dilatation de ses masses volumiques par la relation :

$$\rho\theta = \frac{\rho_0}{1+m\theta} \quad (1.18)$$

Avec m le coefficient de dilatation qui a donné par la relation :

$$m = (\nu\theta - \nu_0) \frac{1}{\nu_0\theta} \quad (1.19)$$

$\rho\theta$ est la masse volumique à une température en kg. m⁻³

ρ_0 est la masse volumique à 0°C

m est le coefficient de dilatation absolue en °C⁻¹

V_θ est le volume du fluide à température en m^3

V_0 est le volume de fluide à $0^\circ C$ en m^3

On a alors :

$$\rho_\theta = \frac{v_0 \rho_0}{v_\theta} \quad (1.20)$$

- **Notions de convection libre**

Le mouvement de l'eau qui bout dans une casserole que l'on chauffe relève du phénomène de la convection ; l'eau des zones les plus chaudes (celles qui sont au fond de la casserole) se dilatent et s'élèvent (poussée d'Archimède) tandis que celle des zones les plus froides descend. Le mouvement d'ensemble des molécules d'eau dû à des différences de température est ce qu'on appelle la convection naturelle (fig.1.8). [11]

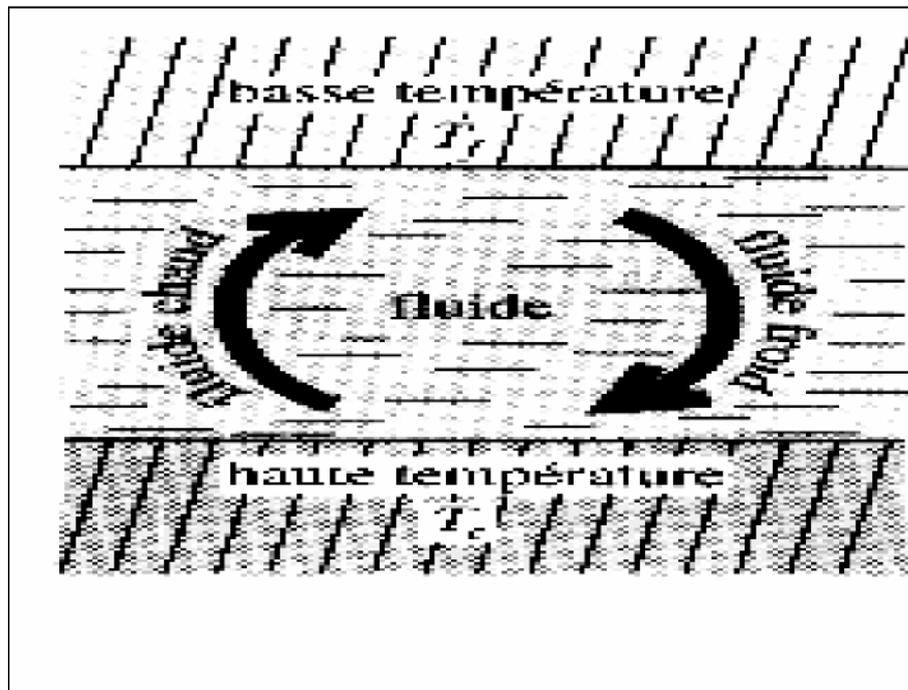


Fig.I.8

Lorsqu'au sein d'un même fluide (liquide ou gaz) se produit une différence de température, la densité du fluide n'est plus égale partout. Du fait de la poussée d'Archimède "Tout corps plongé dans un fluide reçoit de la part de ce fluide une poussée verticale dirigée du bas vers le haut, égale au poids du volume de fluide déplacé", cette différence de densité produit un mouvement au sein du liquide. Ce mouvement de brassage, dans lequel les parties les plus chaudes du fluide ont tendance à s'élever et les parties froides et denses à descendre, s'appelle convection. Les mouvements dus uniquement à des différences de température du fluide constituent la convection naturelle comme les mouvements des grandes masses d'air autour de la

Terre, l'action des vents, la formation des nuages, les courants océaniques ou plus simplement le phénomène d'aspiration d'une cheminée.

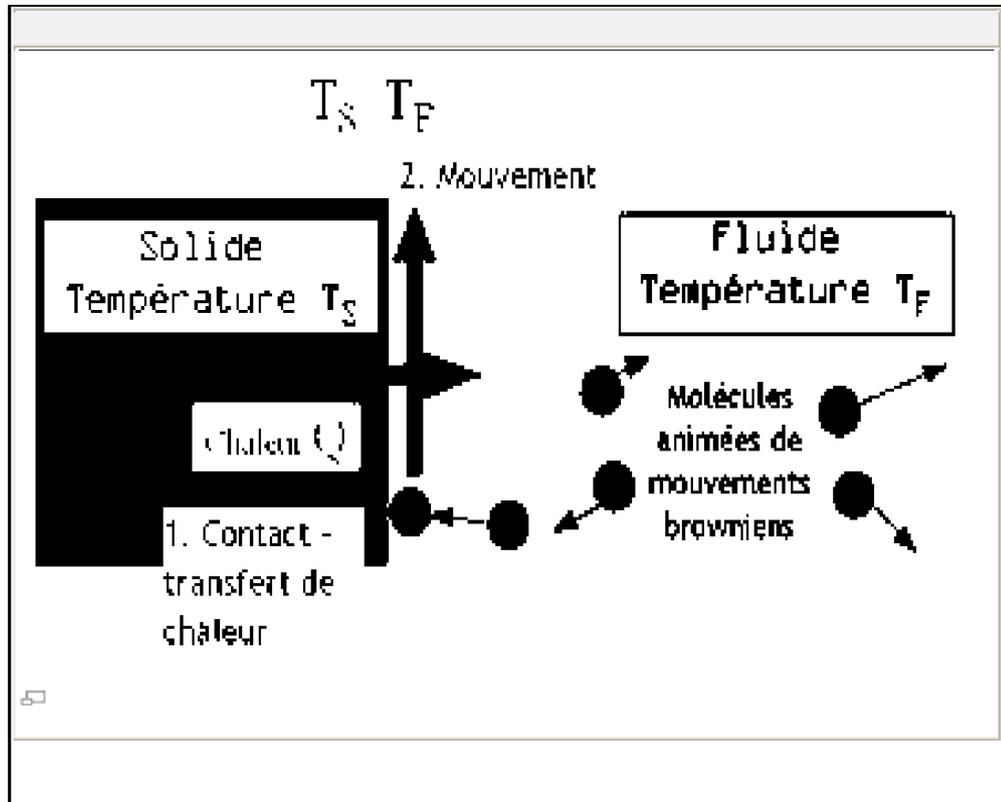


Fig. I. 9. Représentation schématique de la convection naturelle

I.2.3. Le rayonnement

Le rayonnement est le transfert d'énergie électromagnétique d'un milieu à haute température à un autre milieu à basse température sans aucun support matériel (il peut se produire dans le vide). De manière générale, tout objet opaque ou partiellement opaque chauffé à une température supérieure à zéro Kelvin rayonnera de l'énergie dans toutes les directions. Cette énergie est transmise sous forme d'ondes électromagnétiques, et sa propagation ne nécessite pas de support matériel. Ce type de transfert de chaleur s'apparente à la propagation de la lumière et, contrairement au flux, ne nécessite aucun support matériel. Les gaz, les liquides et les solides peuvent émettre et absorber un rayonnement thermique.

I.2.3.1. La loi de Stefan Boltzmann :

La loi de Stefan Boltzmann : pour le rayonnement s'énonce comme suit : [12]

$$q = \epsilon_v \sigma T^4 \quad (1.21)$$

Où :

q est la densité de flux de chaleur émis par le corps (en w/m^2).

ϵ_v est l'émissivité thermique du matériau (facteur adimensionnel)

σ est le constante de Stefan (en $\text{w/m}^2.\text{k}^4$, évalué à $5,67.10^{-8} \text{ w/m}^2. \text{K}^4$)

T est la température du corps (en K).

I.3. Les échangeurs de chaleur

On utilise des appareils d'échanges de chaleur comme les chaudières, les surchauffages de vapeurs, les condenseurs, les évaporateurs, les fours et de nombreux autres appareils de sur-chauffage et de refroidissement qui servent à transférer l'énergie sous forme de chaleur.[10]

I.4. La Température

La chaleur ou le froid d'une substance s'appelle sa température. Au niveau micro, la température est une mesure de l'énergie cinétique moléculaire ou de la vitesse moyenne de mouvement. La température varie avec l'altitude. Étant donné que le nombre de molécules d'air diminue avec l'augmentation de l'altitude, on suppose parfois que la température diminue également avec l'augmentation de l'altitude. Cependant, ce n'est pas tout le cas. Chaque couche dans l'atmosphère a son propre profil de température. Dans la troposphère et la mésosphère, la température de l'air diminue habituellement avec l'augmentation de l'altitude, tandis que dans la stratosphère, la température de l'air s'élève avec l'augmentation de l'altitude. Dans l'atmosphère externe ou la thermosphère, la température de l'air peut s'élever à plus de 1000°C .

Cependant parce que l'air est tellement mince, de telles valeurs ne sont pas comparables à ceux dans l'atmosphère inférieure, où l'air est beaucoup plus dense. Bien que la température mesurée dans la thermosphère soit très chaude, la thermosphère sentirait en fait très froide pour nous parce que l'énergie totale de seulement quelques molécules d'air résidant-là ne seraient pas assez pour transférer une chaleur appréciable à notre peau.

La plupart des échelles de température aujourd'hui sont exprimées en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$), bien qu'aux Etats-Unis, Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) est toujours utilisé. L'échelle Celsius est fixée par deux points, le point de congélation et d'ébullition d'eau, qui à la pression atmosphérique normale est 0°C et

100°C respectivement. L'échelle est alors divisée en 100 unités. 0°C est équivalent à 32°F et 100°C à 212°F . L'échelle de température Kelvin est l'échelle de température absolue.

L'absolu zéro, la température la plus froide possible dans l'univers, est 0K ou -273°C . Un Kelvin est équivalent à un degré de Celsius, ainsi 0°C est identique à 273K , et 15°C est identique à 288K . [13]

Dans le cas de deux substances ou corps à des températures différentes, la chaleur ira du plus chaud au le plus froid jusqu'à ce que leurs températures soient identiques et l'équilibre thermique est atteint. Quand la chaleur va d'un objet chaud à un plus froid, la température du premier diminue tandis que la température du dernier augmente. Quand l'équilibre thermique est atteint, la température des deux objets sera identique. Il y a trois mécanismes principaux pour le transfert de chaleur de cette façon : conduction, convection et rayonnement. Dans la conduction, la chaleur ou [14]

106 l'énergie thermique est transférée par les collisions qui ont lieu entre les molécules qui portent la chaleur. La convection, en revanche, comporte le mouvement corporel des molécules plus énergiques dans un liquide ou un gaz, par exemple l'air. Le transfert de l'énergie par rayonnement comporte l'écoulement du rayonnement électromagnétique. À la différence de la conduction et de la convection, le rayonnement peut avoir lieu à travers un vide, comme l'espace.

Le rayonnement est le principal moyen par lequel la terre reçoit l'énergie du soleil (sous forme de lumière et rayonnements ultraviolet). La Terre, aussi, émet des rayonnements, mais parce que sa température est beaucoup plus inférieure à celle du soleil, ils sont beaucoup plus faibles en intensité (sous forme de rayonnement infrarouge). La Terre a une atmosphère qui flotte, cependant, et par conséquent beaucoup de sa chaleur est redistribuée autour du monde par convection. En effet la convection est le processus principal du transfert d'énergie dans l'atmosphère qui cause les phénomènes du temps. Puisque la température de la surface de la Terre est habituellement plus haute près de l'Équateur que près des pôles, la chaleur est transférée par la génération de différentes pression et l'accompagnement des développements de configura-

tions globales de vent. Sans ce transfert global de la chaleur, l'Équateur serait en moyenne 14°C plus chaud que maintenant, tandis que le pôle du nord serait 25°C plus froid.

Remarque

Nous remarquons que la température dans l'état de M'sila est différente dans certaines de ses régions, notamment en hiver, et c'est pourquoi tous les types de chauffages doivent être utilisés pour maintenir une température modérée dans les maisons et à partir de ces types, nous avons affaire aux chauffages central. Pour les maisons, qui est l'un des meilleures solutions.

Chapitre II

Les installations de chauffage domestique

II.1. Historique du chauffage domestique

Au 18^e 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.

II.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 (Fig. II.1). 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.[16]

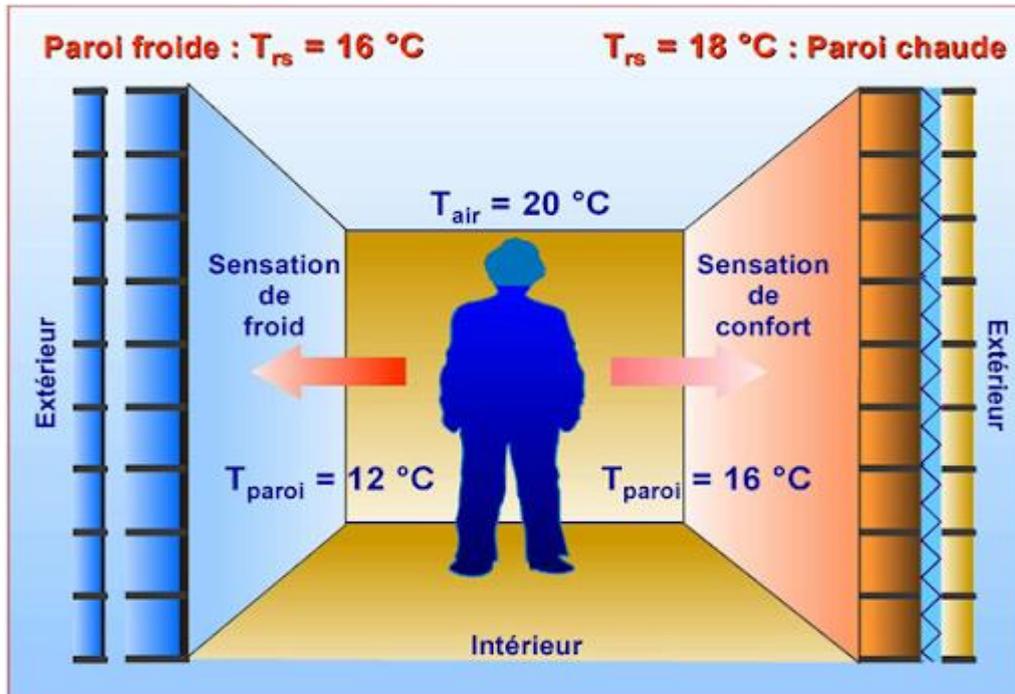


Fig. II.1 Confort thermique dans un local d'habitation

II. 2.1. Paramètres de confort thermique :

Il existe six paramètres essentiels du confort thermique :

II.2.1.1. 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 .

II.2.1.2. Le métabolisme humain :

Le corps humain produit de la chaleur interne pour maintenir celui-ci autour de $36,7\text{ °C}$. 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.

II.2.1.3. 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.

II.2.1.4.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.

II.2.1.5. 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.

II.2.1.6.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.[16]

II .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.[17]

II.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 :

II .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.

II .4.2. 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.[17]

- **Avantages chauffage collectif :**

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

II .4.3. 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.[17]

- **Avantages du chauffage central :**

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

II .5. Types d’installations de chauffage :

Il existe plusieurs combinaisons utilisées dans le système de chauffage central de celui-ci

II .5.1) Installation de chauffage à combustible :

Le chauffage à combustibles se répartit en trois grandes catégories selon l’état physique dans la condition 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, NO₂), il est donc indispensable de les évacuer hors logement. Les gaz de combustible sont directement rejetés dans la pièce.[17]

II .5.2. 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.

- **Avantage :**

Le système est très réactif.

- **Inconvénients :**

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

II .5.3. 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.

II .6. Organes d'une installation de chauffage à eau :

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 :

II .6.1. La chaudière :

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.[18]

II .6.1.1. Type de chaudière :

- Classification par gamme de puissance
- Classification par application
- Classification par type de fluide caloporteur
- Classification par source de chaleur(le gaz naturel, le gaz de pétrole liquéfié, le fioul, le fioul lourd,...)

- Classification par installation (chaudières à usage domestique)

Puisque nous menons une étude sur le chauffage domestique au gaz de ville, la classification que nous avons adoptée est ;

- Classification par installation (chaudières à usage domestique) :

Il existe deux types d'installation de chaudières domestiques :

a) Chaudières au sol :

Les chaudières au sol sont en général utilisées pour des habitations disposant d'un sous-sol ou d'un garage. Elles occupent une place importante



Fig. II.2 Chaudières au sol

b) Chaudières murales :

Les chaudières murales conviennent aux habitations de petite taille (appartements). Elles offrent une puissance moindre que les chaudières au sol.



Fig. II.3 Chaudières murales

II .6.2. 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. [17]

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

II.6.2.1. 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 d'référence. [19]



Fig. II.4 radiateurs en fonte

II.6.2.2 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.[19]

**Fig. II.5 radiateurs en acier****II.6.2.3. 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 témoins cher.[19]

**Fig. II .6 radiateurs en aluminium**

II .6.3. 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 :

II .6.3.1. 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, faible. Le PER coute 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.[20]



Fig. II .7 Tuyau PER

II .6.3.2. 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, faible, ... 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. [21]



Fig. II .8 Tuyau en cuivre

II .6.3.3. 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.[22]



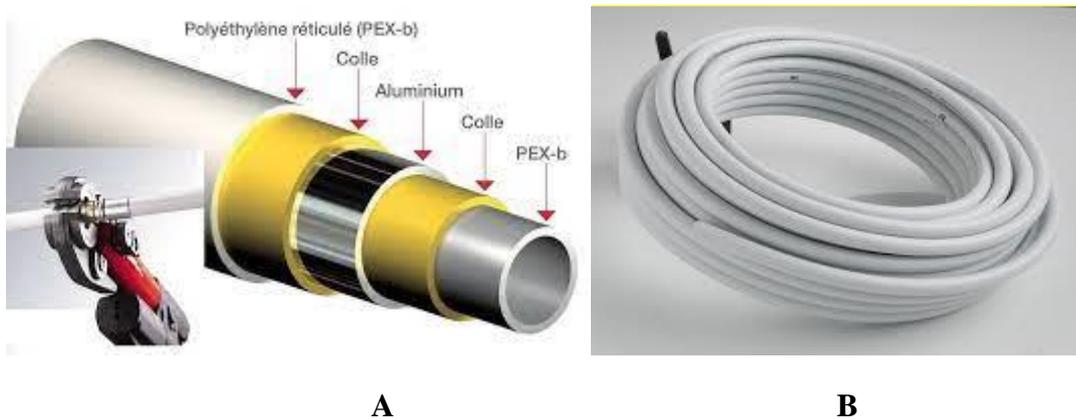
Fig. II .9 Tuyau en l'acier noir

II .6.3.4. Tuyaux PPR :

Le PPR est un tube utilisé sur une installation sanitaire. Effectivement, il peut acheminer l'eau chaude comme l'eau froide. Le polypropylène random, un matériau neutre qui résiste fabuleusement bien aux attaques des agents corrosifs. Il existe deux types de tubes en PPR

**Fig. II .10 Tuyau PPR****II .6.3.5. Tuyaux multicouche :**

Le tube multicouche, généralement constitué d'une âme en aluminium prise en sandwich entre deux couches de PER réticulé, remplace le cuivre dans les installations sanitaires ou chauffage. Voler, de Gabarit, est un tube multicouche conçu pour l'artisan et les installations sanitaires (mais aussi de chauffage)

**Fig. II .11 Tuyaux multicouche****II .6.4 . Isolant thermique :**

En thermique, un isolant est un matériau ayant une faible conductivité thermique. Il s'oppose aux transferts de chaleur. Il permet notamment d'éviter les fuites de chaleur : pertes de chaleur (dans une pièce chauffée, un four) ou gain de chaleur (un réfrigérateur, une chambre froide)

Exemples : ouate de cellulose, laine de roche, laine de verre, bois, caoutchouc, polystyrène tc. Les matériaux isolants contiennent des bulles ou des couches d'air.[23]

II .6.4.1. Isolateur pour tuyaux :



Fig. II .12 Isolateur pour tuyaux

II .6.4.2. Isolant pour sols chauds et salles de bain :

Il se compose généralement de deux ou trois couches (Polyester, Film de chlorure de polyvinyle, pax aluminium)

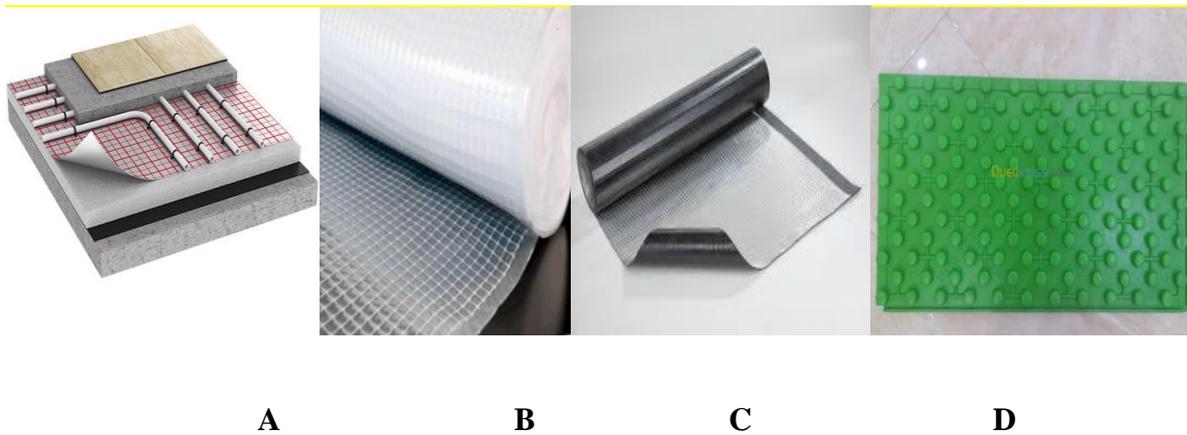


Fig. II .13 Isolant pour sols

II .6.4.3. Isolateur mural :

Cela se fait soit avec une couche de polyester entre les deux murs, soit avec l'air

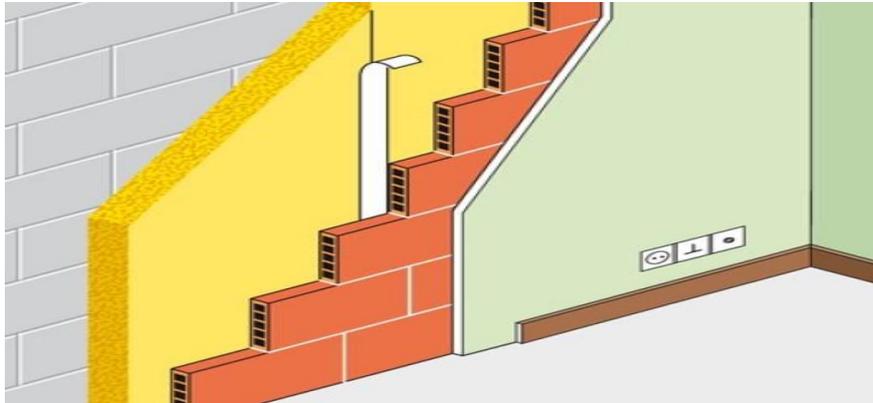


Fig. II .14 Isolateur mural

II .6.5. Les organes de fonctionnement :

Il existe de nombreux dispositifs de fonctionnement que nous utilisons dans notre système de chauffage

II .6.5.1. 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. [24]



Fig. II .15 circulateur

II .6.5.2. Collecteur :

Il est utilisé dans une variété d'applications de chauffage par le sol ou pour connecter des radiateurs, les accessoires pour ce collecteur sont des vannes à bille pour connexion hydraulique.

**Fig. II .16 Collecteur****II .6.5.3. 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.

Notez qu'il est installé dans le cas de l'utilisation de la chaudière au sol

**Fig. II .17 Vanne 4 voies****II .6.5.4. Groupes de remplissage :**

Ce groupe de remplissage automatique réglable est un dispositif formé par un réducteur de pression à siège compensé, un filtre en entrée, un robinet d'arrêt et un clapet anti-retour .Il se monte sur l'arrivée d'eau des installations de chauffage en circuit fermé; il sert principalement à stabiliser la pression de l'installation à une valeur prédéfinie en remettant automatiquement l'eau manquante .Après le montage, pendant le remplissage ou la mise à niveau,

L'alimentation s'arrête lorsque la pression de tarage est atteinte.[25]



Fig. II .18 Groupes de remplissage

II .6.5.5. Vanne d'isolement :

Une vanne d'isolement est utilisée pour isoler un composant tel qu'une pompe ou pour fermer l'entrée D'eau dans une partie du circuit en cas de fuite ou d'entretien



Fig. II .19 Vanne d'isolement

II .6.6. Les organes de sécurité :

Le chauffage central fonctionne à haute pression afin d'obtenir la température maximale, des dispositifs de sécurité sont donc nécessaires

II -6.6.1) 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.

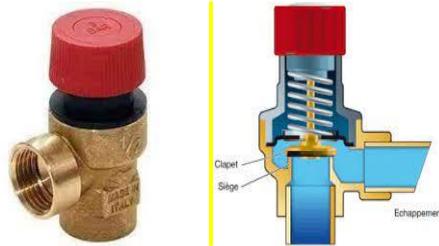


Fig. II .20 Soupape de sécurité

II .6.6.2. 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.

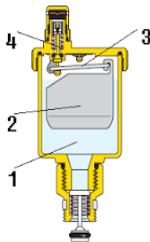


Fig. II .21 purgeur automatique

Fig. II .22 purgeur manuel

II .6.6.3. 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 dis connecteur est obligatoire.

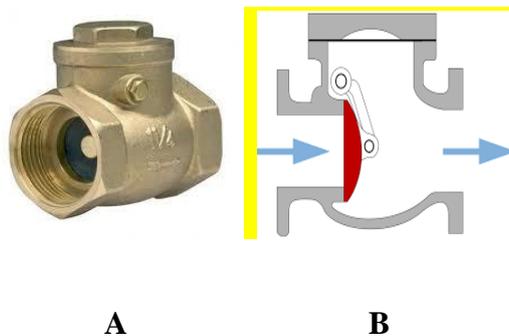


Fig. II .23 clapet anti retour

II .6.6.4) Le vase d'expansion :

Le vase d'expansion est composé d'une membrane qui le divise en 2 parties étanches. Dans l'un des côtés 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.

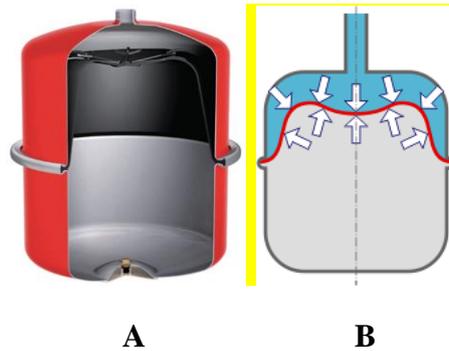


Fig. II. 24 vase d'expansion

II .6.6.5. 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.



Fig. II.25 vanne de vidange

II .6.6.6. 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.[26]



Fig. II.26 pot à boue

II .6.7. Les organes de contrôle :

II .6.7.1. Manomètre :

Le manomètre est un appareil de mesure permet de lire la pression du circuit du chauffage Ou dans tout autre circuit soumis à 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.



Fig. II.27 Manomètre

II .6.7.2. La sonde de température :

La sonde de température est utilisée pour mesurer et contrôler la température de l'eau dans le circuit Il est attaché à la chaudière



Fig. II.28 sonde de température

II .7. 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.

II .7.1. 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.[27]

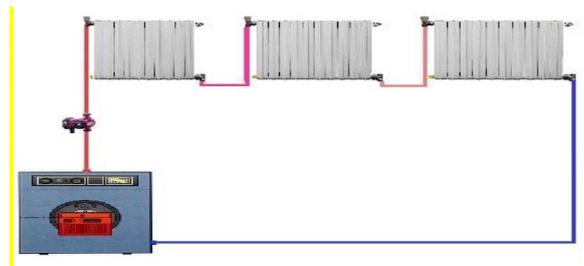


Fig. II.29 Distribution monotube simple

II .7.2. 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.[28]

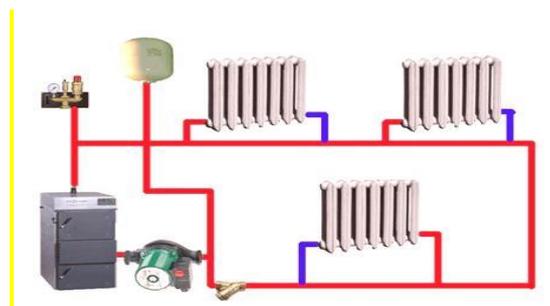


Fig. II.30 Distribution monotube dérivation

II .7.3. 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.[29]

II .7.3.1. Distribution bitube par :

a) Parapluie :

Dans ce type d'installation, l'eau chaude monte au-dessus des radiateurs Puis redescend vers la chaudière.

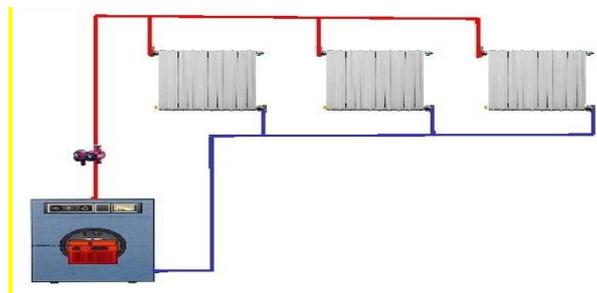


Fig. II.30 Distribution bitube par Parapluie

b) Chandelle :

C'est un réseau simple, dans ce type d'installation l'eau chaude monte Directement aux radiateurs puis redescend vers la chaudière.

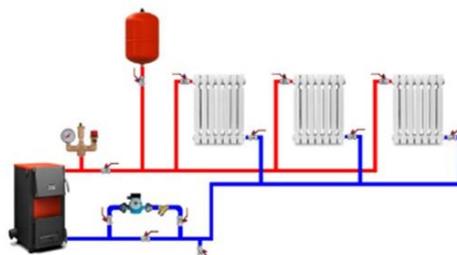


Fig. II.31 Distribution bitube par Chandelle

c) 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.[30]

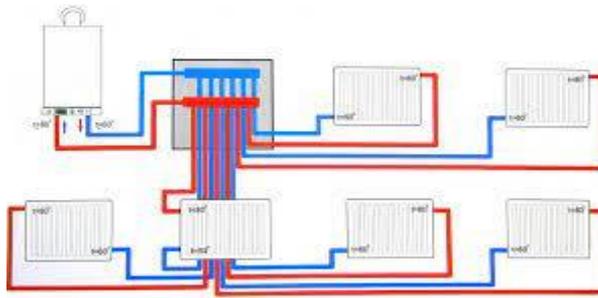


Fig. II.32 Distribution bitube en pieuvre

II .8. 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.

II .8.1. 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.



Fig. II.33 thermostat d'ambiance

II .8.2. 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.[31]



Fig. II.33 robinets thermostatiques

II .8.3. 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 [32]

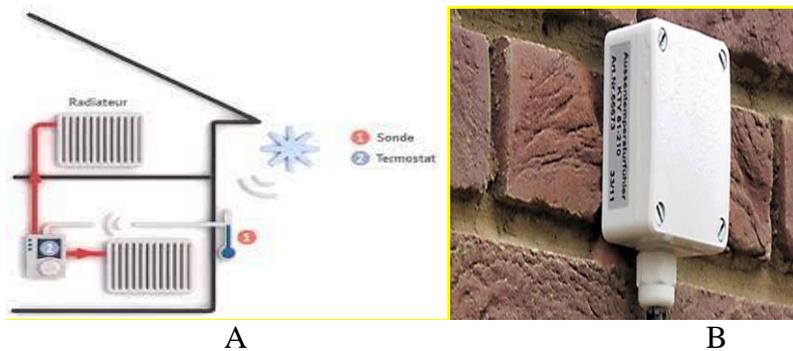


Fig. II.34 sonde extérieure

II .8.4. Régulation directe de la chaudière :

La régulation directe depuis la chaudière est l'une des méthodes les plus simples d'organisation du chauffage central



Fig. II.35 Panneau de commande de la chaudière

Chapitre III

Résultats et discussions

III.1. Principes généraux et méthodes de calcul des déperditions

La perte de chaleur fait référence à la perte de chaleur de la pièce vers l'extérieur ou de la pièce vers la pièce non chauffée. Elle peut aussi être définie par les déperditions thermiques que la maison supporte à travers ses murs et les échanges thermiques avec le monde extérieur. Ceci est particulièrement important lorsque l'isolation est faible et que la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur est importante.

Les pertes de chaleur dans les installations domestiques se produisent de trois manières :

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

III .1.1. Document technique réglementaire utilisé en Algérie (DTR-C32)

Il précise la méthode de calcul et la technologie de sélection des installations de chauffage à eau chaude en Algérie. Les documents ci-dessus peuvent être utilisés pour

déterminer la perte de chaleur de toute maison ; après avoir estimé la perte, il faut vérifier si l'installation est conforme à la réglementation thermique de l'Algérie. De cette manière, la taille de l'installation peut être déterminée en introduisant le concept de perte de base lié à la zone de mise en œuvre du projet et en le divisant en zones climatiques.

Les déperditions extérieures et intérieures à travers les parois d'une maison de base sont utilisées dans l'estimation de la puissance de chauffe en faisant des coefficients de majorations (Fig. III.1).

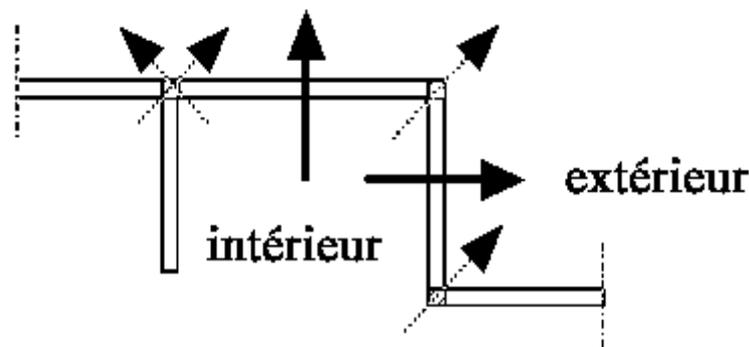


Fig. III.1 Différentes déperdition extérieures et intérieures

III .1.2. Formulations mathématiques

Pour estimer la puissance de chauffage, on calcule plusieurs paramètres. En partant des déperditions thermiques D d'une maison par la somme des déperditions des volumes D_i comme suit :

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

La perte totale d'un volume est la perte de transmission DT et perte causée par le renouvellement DR du même volume d'air :

$$D_i = (DT)_i + (DR)_i [W/^\circ C] \quad (\text{III.2})$$

Où, La perte causée par le volume de transmission est la somme de la perte de surface, de la perte de ligne, de la perte de plancher plus la perte de la pièce non chauffée :

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

III .1.3. 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 suit :

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

Ou,

K , représente la conductance des parois opaques égale par la relation :

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

Alors que la résistance thermique d'une couche homogène sont données par :

$$R_{th} = \frac{e_i}{\lambda_i} [m^2 \cdot ^\circ C/w] \quad (\text{III.6})$$

Pour des parois vitrées, la conductance thermique peut être calculée par la relation ci-après :

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_{vN}} + r_v + r_{rid} + r_{occ} [m^2 \cdot ^\circ C/w] \quad (\text{III.7})$$

Avec

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

Alors que pour le coefficient K_{vn} , il est extrait selon le tableau III.1

Tableau III.1 Les coefficients K_{vn} en fonction du type de vitrage, de la nature du matériau, sa position et son épaisseur

Type de vitrage	Epaisseur de la lame d'air (mm)	Nature de la menuiserie	(K) Paroi verticale	(K) 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

Ainsi pour le coefficient K des portes dans le tableau III.2

Tableau III.2 Coefficient K des portes

Type de portes		Portes donnant sur l'extérieur	Portes donnant sur un local non chauffé
Portes en bois	-portes avec une proportion de vitrage < 30%	0.4	0.24
	portes opaques	3.5	2
	portes avec une proportion de vitrage comprise entre 30% et 60%	4.5	2.7
Porte en métal	portes épique de vitrage simple	5.8	4.5
	portes opaques	5.8	4.5

III .1.4. Déperditions linéique

Les déperditions linéaires D_{li} à travers les ponts thermiques sont souvent difficiles à estimer vue la complexité des transferts dans ces zones de la maison, elles peuvent êtres estimées à 20% des déperditions surfaciques du même volume, donc, on peut les calculer comme suit :

$$D_{li} = K_{li} \times A = 0.20 \times (K \times A)[W/°C] \quad (\text{III.9})$$

III .1.5. Déperditions par transmission à travers le sol

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

$$D_{sol} = K \times A[W/°C] \quad (\text{III.10})$$

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

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

III .1.6. 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 :

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

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

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

III .1.7. Déperditions par renouvellement d'air

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

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

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

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

Le débit spécifique de ventilation est donné par :

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

Où

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

A titre d'exemple, le tableau III.3 nous montre le débit spécifique moyen de ventilation

Tableau III.3 Le débit spécifique de ventilation

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

III.1.8. 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* qui vérifie la condition :

$$DT \leq 1.05 \times Dref \text{ [W/°C]} \quad (\text{III. 18})$$

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

$$Dref = a \times Sp + b \times S_{pc} + c \times S_{pvs} + d \times S_{por} + e \times S_{por} \text{ [W/°C]} \quad (\text{III. 19})$$

Où

(S_p) : La surface de paroi en contact avec l'extérieur. [m²]

(S_{pc}) : La surface de paroi en contact avec un comble. [m²]

(S_{pvs}) : La surface de paroi en contact avec un vide sanitaire. [m²]

(S_{por}) : La surface des portes. [m²]

(S_{porf}) : La surface des fenêtres et les portes fenêtres. [m²]

Les coefficients a , b , c , d et e sont donnés par le tableau III.4 ci-après pour un logement individuel ou collectif :

Tableau III.4 Les coefficients a , b , c , d et e

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

III.1.8.1. Isolation des parois

Au mieux une paroi bien isolée, au moins les déperditions thermiques au travers de celle-ci sont moins importantes. 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 selon le type vitrage (Fig. 3.2).

a) 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.



Fig. III.2. Température d'un vitrage.

b) Supprimer un obstacle

Parfois, la paroi est suffisamment isolée, mais un obstacle empêche l'air de circuler et peut même éventuellement agir comme isolant, 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

III.1.8.2. 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.

III.1.8.3. 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.

III.1.8.4. Ventilation :

Il est difficile de réduire de manière significative la production de vapeur à l'intérieur des bâtiments. En revanche, afin de maintenir acceptable l'augmentation du taux d'humidité due à cette génération de vapeur, celle-ci doit être compensée par une ventilation adéquate. Ainsi, l'air intérieur humide est remplacé par de l'air extérieur sec. D'une part, cette ventilation consiste en une ventilation de base, qui doit assurer la qualité de l'air pendant le temps normal d'occupation (occupants, installations, nettoyage, etc.) ; d'autre part, il doit s'agir d'une ventilation intensive, qui doit compenser la génération de vapeur spécifique (cuisine, buanderie, etc.) ventilation de pièce, salle de douche, etc.).

Une ventilation correcte des maisons 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.

III.1.8.5. 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...).

III.1.9. Calcul des déperditions de base

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

$$D_B = \Sigma (D_B) \text{ [W]} \quad (\text{III. 20})$$

Déperditions de base pour un volume sont données par

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

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 continu18°C
- Bureau chauffée en continu21°C
- Magasin chauffée en continu21°C
- Local artisanal chauffée en continu21°C

On peut voir les températures extérieures de base en comparant avec les températures intérieure de base comme il est illustré dans le tableau III.5

Tableau III.5 Température extérieure de base

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

III.1.10. Puissance de chauffage

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

$$Q = [T_{bi} - T_{be}] \times [(1 + \text{Max}(c_r ; c_{in})) \times D_T] + [(1 + c_r) \times D_R] \quad [\text{W}] \quad (\text{III. 22})$$

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

III.2. Calculs des déperditions et estimation de la puissance de chauffage.

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.2.1. Détermination 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 1er étage), plus le coefficient de transmission des portes et fenêtres. Ce coefficient est calculé en utilisant la formule :

$$K = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{\sum e_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_e}} \quad [\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}] \quad (\text{III. 23})$$

III.2.1.1. Coefficients de transmission pour les parois séparant deux ambiances à températures différentes

A titre d'exemple, le calcul du coefficient (K) d'un mur extérieur double cloisonnement d'une épaisseur de 38.5cm est effectué en appliquant l'équation (III.22) comme nous montre le tableau III.6.

Tableau III.6 Calcul du coefficient (K)

Composants du mur double cloisonnement	Conductivité Thermique λ [W/m.K]	e [m]	Résistance thermique $R=e/\lambda$ [m ² .K/W]
Résistance de l'air ext			0.06
Enduit intérieur de plâtre	0.35	0.005	0.01
Enduit intérieur ciment	1.4	0.015	0.01
Brique creuse	0.58	0.1	0.17
Lame d'air	0.024	0.15	6.25
Brique creuse	0.58	0.1	0.17
Enduit extérieur ciment	1.4	0.015	0.01
Résistance de l'air int			0.11

Le coefficient K d'un mur extérieur double cloisonnement d'épaisseur 38.5cm en [W/m².K]

$$K = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{6.79}$$

$$K = 0.147 \text{ [W/ m}^2\text{.K]}$$

III.2.1.2. Coefficient (K) pour les poteaux en contact avec l'extérieur

Comme précédemment, le tableau III.7 nous présente calcul du coefficient (K) du poteau en contact avec l'extérieur avec le même exemple.

Tableau III.7 Calcul du coefficient(K) du poteau en contact avec l'extérieur

Composants du poteau	Conductivité thermique λ [W/m.K]	e [m]	Résistance thermique $R=e/\lambda$ [m ² .K/W]
Résistance de l'air ext			0.06
Enduit intérieur de plâtre	0.35	0.005	0.01
Enduit intérieur ciment	1.4	0.015	0.01

Béton armé	0.13	0.35	2.69
Enduit extérieur ciment	1.4	0.015	0.01
Résistance de l'air int			0.11

Donc, Le coefficient K du poteau en [W/ m².K]

$$K = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{2.89}$$

$$K = 0.346 \text{ W/ m}^2.K$$

III.2.1.3. Coefficients de transmission pour les parois en contact avec l'intérieur

Les coefficients de transmission (K) d'épaisseur 14 cm en contact avec l'intérieur est donné dans le tableau III.8.

Tableau III.8 Les coefficient (K) d'un mur intérieur simple cloison d'épaisseur 14cm

Composants du mur simple cloison	Conductivité thermique λ [W/m.K]	e [m]	Résistance thermique R=e/λ[m ² .K/W]
Enduit intérieur de plâtre	0.35	0.005	0.01
Enduit intérieur ciment	1.4	0.015	0.01
Brique creuse	0.58	0.1	0.17
Enduit intérieur ciment	1.4	0.015	0.01
Enduit intérieur de plâtre	0.35	0.005	0.01

On a :

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.22 \text{ [m}^2.K/W]$$

Le coefficient (K) d'un mur intérieur simple cloison d'épaisseur 14 cm en [W/m².K]

$$K = 2.33 \text{ W/ m}^2.K$$

III.2.1.4. Coefficient (K) pour les poteaux en contact avec l'intérieur

Les résultats obtenus son mentionnés dans le tableau III.9

Tableau III.9 Calcul du coefficient (K) pour les poteaux en contact avec l'intérieur

Composants du poteau	Conductivité thermique λ [W/m.K]	e [m]	Résistance thermique R=e/λ[m ² .K/W]
Enduit intérieur de plâtre	0.35	0.005	0.01
Enduit intérieur ciment	1.4	0.015	0.01
Béton armé	0.13	0.35	2.69

Enduit intérieur ciment	1.4	0.015	0.01
Enduit intérieur de plâtre	0.35	0.005	0.01

On a :

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.22 \quad \text{m}^2.\text{K}/\text{W}$$

Le coefficient (K) pour les poteaux en contact avec l'intérieur d'épaisseur 35cm en $[\text{W}/\text{m}^2.\text{K}]$

$$K = 0.338 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$$

III.2.1.5. Coefficient K du plancher entre étage

On peut utiliser le tableau III.10 pour les coefficients K du plancher entre étage

Tableau III.10 Calcul du coefficient (K) du plancher entre étage

Composants du plancher entre étage	Conductivité thermique λ [W/m.K]	e [m]	Résistance thermique $R=e/\lambda$ [m ² .K/W]
Enduit plâtre	0.35	0.005	0.01
Enduit ciment	1.4	0.015	0.01
Hourdis	1.65	0.12	0.07
Béton	1.75	0.08	0.05
Sable	0.6	0.03	0.05
Mortier ciment	0.87	0.02	0.02
Dalle de sol	1.05	0.03	0.03

La valeur de $\frac{1}{h}$ dans Paroi horizontale :

$$\frac{1}{h_i} = 0.05 \quad ; \quad \frac{1}{h_e} = 0.17$$

On a :

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.22 \quad \text{m}^2.\text{K}/\text{W}$$

Le coefficient (K) du plancher entre étage en $[\text{W}/\text{m}^2.\text{K}]$

$$K = 2.173 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$$

III.2.1.6. Coefficient K de la terrasse

On peut utiliser aussi le tableau III.11

Tableau III.11 : calcul du coefficient (K) de la terrasse

Composants du plancher entre étage	Conductivité thermique λ [W/m.K]	e [m]	Résistance thermique $R=e/\lambda$ [m ² .K/W]
Plâtre	0.35	0.015	0.04
Lame d'air	0.024	0.3	12.5
Enduit ciment	1.4	0.015	0.01
Hourdis	1.65	0.12	0.07
Béton	1.75	0.08	0.05
Polystyrène	0.035	0.02	0.57
Carte bitumée	0.17	0.01	0.06
Gravillon	0.93	0.03	0.03

La valeur de $\frac{1}{h}$ dans Paroi horizontale :

$$\frac{1}{h_i} = 0.05 \quad ; \quad \frac{1}{h_e} = 0.09$$

On a :

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.14 \quad \text{m}^2.\text{K/W}$$

Le coefficient (K) de la terrasse en [W/m².K]

$$K = 0.074 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

III.2.1.7. Coefficient de transmission thermique (K) pour les portes

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

Tableau III.12 Coefficient (K) pour les portes en feuillus chêne en contact avec l'extérieur.

Composantes de portes en chêne feuillus	Conductivité th λ [W/m.K]	e [m]	Résistance th $R = e/\lambda$ [m ² .K/W]
Feuillus chêne	0.23	0.033	0.14

On a :

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.17 \quad \text{m}^2.\text{K/W}$$

Le coefficient de transmission surfacique $K = 1/ \Sigma R$ de la porte en feuillus en [W/m².K]

$$K = 3.22 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Tableau III.13 Coefficient (K) pour les portes en feuillus chêne en contact avec l'intérieur.

Composantes de portes en chêne feuillus	Conductivité th λ [W/m.K]	e [m]	Résistance R th= e/ λ [m ² .K/W]
Bois stratifié	0.23	0.033	0.14

On a :

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.22 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Le coefficient de transmission surfacique $K = 1/\Sigma R_{de}$ de la porte en feuillus chêne en [W/m² K]

$$K = 2.77 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

III.3. Dimensionnements et de géométries de différentes chambres

- Pour le rez-de-chaussée est inhabitable
- Pour le premier étage :

On donne les dimensions des pièces d'une maison dans le tableau III.13 d'un étage

Tableau III.13 Dimensionnements et géométrie des locaux

chambres	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)
Chambre 1	5.57	3.10	2.70
Chambre 2	5.20	4.25	2.70
Salon	6.85 \ 6.60	3.98 \ 2.72	2.70
Couloir	5.60	1.95	2.70
cuisine	5.25	4.4	2.70
Salle de bains	3.10	1.39	2.50
hall	6.10 \ 3.77	4.17 \ 1.30	2.70

Regarde la fig. III.3

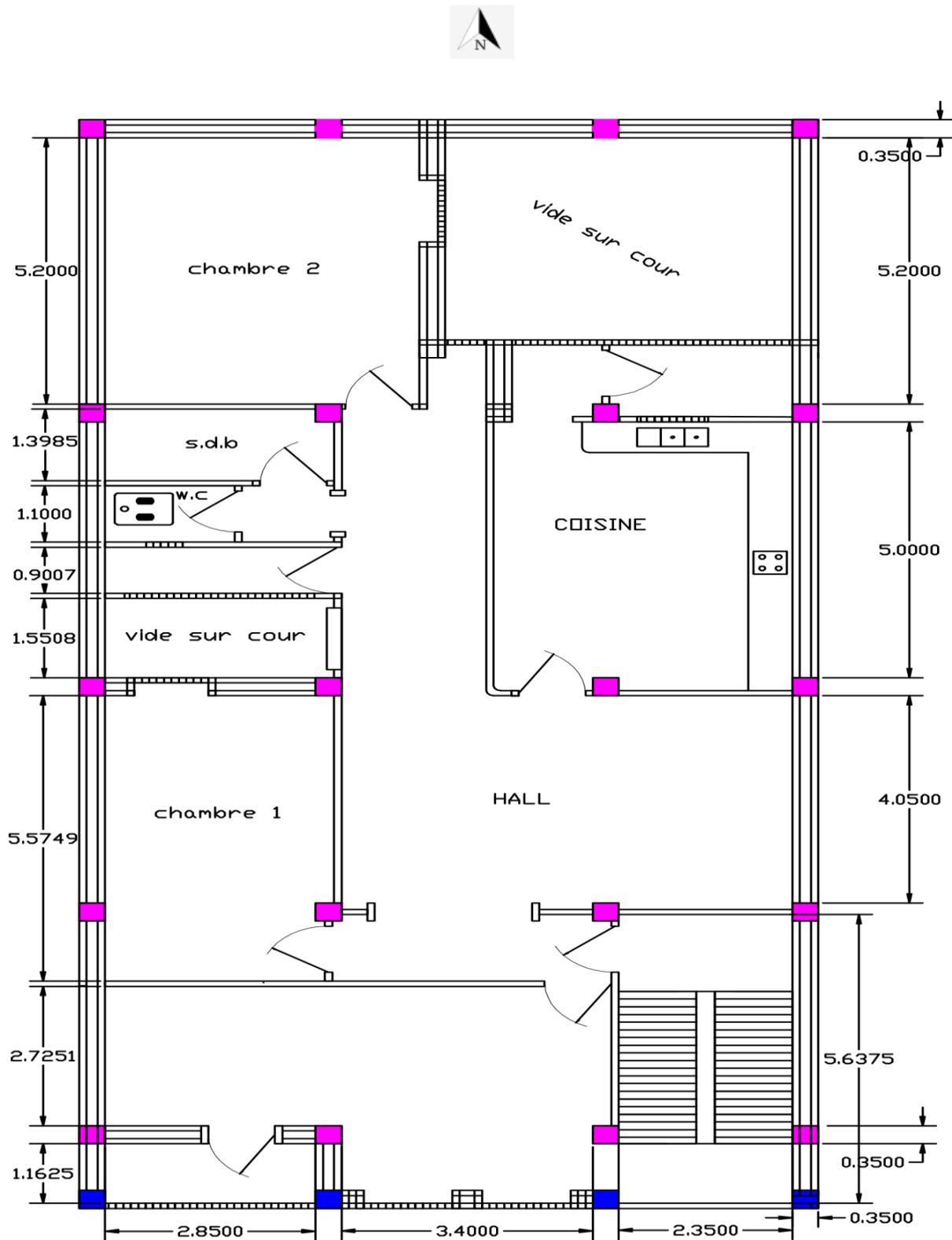


Fig. III.3 le plan de maison

Les géométries des parois, fenêtres et portes sont regroupées au tableau III.14

Tableau III.14 Géométries des parois, fenêtres et portes

chambres	SL [m ²]	VL [m ³]	S _m [m ²]				S _f [m ²]				S _p [m ²]
			N	E	S	O	N	E	S	O	
Chambre1	17.267	46.62	6.69	13.41	8.37	15.03	1.68	-	-	-	1.89
Chambre2	22.1	59.67	11.47	12.36	9.58	14.04	-	1.68	-	-	1.89
Salon	23.76	64.16	16.60	10.74	12.57	11.42	-	-	3.36	-	3.78
Couloir	10.92	29.48	3.37	15.12	-	9.59	-	-	-	1.96	-
cuisine	23.1	62.37	7.05	14.17	9.01	14.17	1.96	-	-	-	1.89
Salle de bains	4.30	10.77	7.75	3.47	6.07	3.47	-	-	-	-	1.68
hall	30.33	81.91	7.05	13.14	14.58	13.14	-	-	-	-	1.89

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 chambre 1. (III 1 est a noté que le choix de la chambre 1 a été fait au hasard).

- Les déperditions totales de la chambre 1 sont calculées par les équations (III.2)
- Les déperditions par transmission sont la somme des déperditions surfaciques, linéiques, à travers le sol et à travers les locaux non chauffés sont calculées par (III.3)
- Le calcul de déperdition surfacique est effectué par l'équation (III.4)

Application numérique :

$$D_{SMEXT} = 6.69 \times 0.147 + 15.03 \times 0.147 = 3.19 \text{ W/C}^\circ$$

$$D_{Sportes} = k_{portes} \times S_{portes} = 2.77 \times 1.89 = 5.23 \text{ W/C}^\circ$$

$$D_{Sfenêtres} = k_{fenêtres} \times S_{fenêtres} = 1.78 \times 1.68 = 2.99 \text{ W/C}^\circ$$

Alors :

$$D_{si} = 11.41 \text{ W/C}^\circ$$

- Calcul de déperdition linéique D_{Li} par l'équation (III.9)

$$D_{Li} = 11.41 \times 0.20 = 2.28 \text{ W/C}^\circ$$

- Calcul de déperdition à travers le sol par l'équation (III.10)

$$D_{sol} = 2.173 \times 17.267 = 37.52 \text{ W/C}^\circ$$

- Calcul de déperdition des LNC par l'équation (III.12) et (III.13)

Application numérique :

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

$$D_{Ti} = 51.21 \text{ W/C}^\circ$$

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

- **Vérification de conformité :**

La maison étudiée est située dans la ville de Msila, qui oscille entre 200 et 300 au-dessous du niveau de la mer et est située dans la zone A

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

Pour la zone A on a :

$$a = 1.1 ; b = 2.4 ; c = 1.4 ; d = 3.5 ; e = 4.5$$

$$S_1 = 17.267, S_2 = 17.267, S_3 = 43.5, S_4 = 1.89, S_5 = 1.68$$

$$D_{Réf} = 135.50 \text{ W/C}^\circ$$

- Calcul des déperditions par renouvellement d'air (DR) :

$$D_R = 0.34 \times Q_V = 0.34 \times 0.6 \times V = 9.51 \text{ W/C}^\circ$$

$$D_i = 51.21 + 9.51 = 60.72 \text{ W/C}^\circ$$

- Calcul des déperditions de base :

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

- Déperditions de base pour un volume :

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

$$(D_B)_i = 60.72 \times (21 - 0) = 1275.12 \text{ W}$$

Ainsi on résume les résultats obtenus dans le tableau III.15

Tableau III.15 Calcul des déperditions

chambres	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]
Chambre1	11.41	2.28	0	37.52	51.21	9.51	60.72	135.50	1275.12
Chambre2	13.78	2.75	0	48.02	64.55	12.17	76.72	157.955	1611.12
Salon	45.53	9.10	0	51.63	106.26	13.08	119.34	183.79	2506.26
Couloir	52.65	10.53	0	23.72	86.9	6.01	92.91	86.35	1951.11

Salle de bains	19.30	3.86	0	9.34	32.50	2.19	34.69	49.99	1144.77
hall	38.36	7.67	0	177.99	224.02	16.71	240.73	179.84	5055.39

$$D_T = \Sigma D_{Ti} = 532.94 \text{ W/C}^\circ$$

$$D_R = \Sigma D_{Ri} = 57.48 \text{ W/C}^\circ$$

Remarque : la température dans la salle de bains est 33C°

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 (III.20).

Où les coefficients de majorations (cr et le cin) sont prises 0.1 pour un chauffage a eau chaude continue et 0.15 pour un chauffage discontinu.

$$P_C = [21 - 0] \times [[1.15 \times D_T] + [1.15 \times D_R]] + [33 - 0] \times [[1.15 \times D_{Ts.d.b}] + [1.15 \times D_{Rs.d.b}]]$$

$$P_C = 15575.128 \text{ W} = 15.575 \text{ KW} \quad (\text{III.24})$$

III.6. Calcul du réseau thermique

Un réseau de chauffage ou de distribution fonctionne avec un fluide caloporteur chauffé dans une ou plusieurs chaudières, et le fluide chaud (eau) est utilisé pour chauffer l'environnement (lieu).

Dans la maison, la chaleur est généralement produite en utilisant des combustibles liquides (fioul), solides (charbon) ou encore des énergies dites renouvelables (énergie solaire dite solaire, éolienne, géothermique, ...).

III.6.1. Réseau de distribution d'eau chaude

Le type de réseau correspond généralement à un gros appareil de chauffage à eau chaude, qui peut être éteint ou allumé en fonction de son activité (chauffage domestique ou chauffage industriel). La chaleur est transférée à travers l'eau, et la température de l'eau est la même que celle du chauffage central.

Dans ce type de réseau, tout est réglé de manière centralisée en fonction de la température extérieure.

III.6.2. Tuyauteries appliquées dans un réseau (multicouche)

Le tube multicouche, généralement constitué d'une âme en aluminium prise en sandwich entre deux couches de PER réticulé, remplace le cuivre dans les installations sanitaires ou chauffage. Voler, de Gabarit, est un tube multicouche conçu pour l'artisan et les installations sanitaires (mais aussi de chauffage)

III.6.3. Régime de température

Pour choisir un radiateur ou un corps de chauffe, il faut ajuster sa taille en fonction de la température de l'eau fournie par l'équipement. En effet, la puissance effective du radiateur dépend de la température de l'eau qui y circule. Selon la norme européenne EN 442, équipement de chauffage (la taille de la chaudière, du radiateur ou de la batterie de chauffage est de 80°C en sortie/60°C en retour)

On définit :

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

Application numérique :

$$\Delta T = \left[\frac{(80+60)}{2} \right] - 21 = 49 \text{ } ^\circ\text{C}$$

III.6.4. 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 chambre1 :

Tableau.III.16 : 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 :

$$P_{cor} = \frac{p}{\left(\frac{\Delta T}{50}\right)^{1.3}} = 1309.05 \quad [W] \quad (\text{III.25})$$

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

ΔT : la différence de température entre température moyenne de l'eau dans le radiateur et la température ambiante du local prise égale à 21°C selon le DTR C32.

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

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

Application numérique :

$$Nbr = \frac{1309.05}{119} = 11 \text{ éléments}$$

Pour avoir un radiateur cela dû à l'existence de fenêtre dans la chambre 1 contant 11 éléments.

III.6.4.1.Débit d'eau circulant en chaque radiateur

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

$$QV = \frac{pa}{\Delta T} \quad [l/h] \quad (\text{III.26})$$

Sachant que la puissance installée peut être calculé par :

$$Pa = Nbr \times Pai \quad [W] \quad (\text{III.27})$$

Nbr est le nombre d'éléments.

Pai est la puissance d'un élément.

Application numérique :

$$P_a = 11 \times 119 = 1309 \text{ W}$$

$$P_a = 1128.44 \text{ Kcal}$$

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

$$Qv = \frac{1128.44}{20} = 56.42 \text{ L/h}$$

III.6.4.2. Volume d'eau du radiateur

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

$$\text{Volume d'eau du radiateur} = 1.13 \times 11 = 12.43 \text{ L}$$

III.6.4.3. Longueur de radiateur

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

$$L_r = 0.065 \times 11 = 0.715 \text{ m}$$

Tableau III.18 : Choix des corps de chauffe pour le 1^{er} étage

locaux	Type de radiateur : de marque : « Savane fonte à façade plane » gamme Horizontal a élément							
	Nbr de radiateur	Déperdition [W]	Puissance corrigé [W]	Puissance en [kcal]	Nbr d'élément	Largeur [m]	Le débit [l/h]	Volume d'eau [l]
Chambre1	1	1275.12	1309.05	1128.44	11	0.715	56.42	12.43
Chambre2	1	1611.12	1664.12	1436.20	14	0.91	71.81	15.82
Salon	2	2506.26	2573.16	1128.44	11	0.715	56.42	12.43
couloir	2	1951.11	2003.19	820.68	8	0.52	41.03	9.04
hall	3	5055.39	5190.33	1538.79	15	0.975	76.93	16.95

Pour la salle de bains :

	L [m]	Déperdition [W]	Puissance en [kcal]	Puissance corrigé [W]	Le débit [l/h]	Volume d'eau[l]
Salle de bains	57.3	1144.77	1184.24	1693.24	59.21	18

$$\Sigma Pa = 11135.05 \text{ [kcal]}$$

III.6.5.Choix de la chaudière

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

$$P_{chaudière} = \Sigma pr + (10\% \times \Sigma pr) \tag{III.28}$$

$$P_{chaudières} = 12248.55$$

$$P_{chaudières} \sim 13000 \text{ kcal}$$

$$P_{chaudières} = 13000 \times 1.16 = 15080 \text{ W} = 15.08 \text{ KW}$$

Alors : en choisir la chaudière CHOUDIRE MURAL 25 SIM

III.6.6.Détermination du diamètre de la tuyauterie

Tableau III.19 : 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

III.7.Devis quantitatif et estimatif

Tableau III.20 : Devis quantitatif et estimatif

QUINCAILLERIE ET PLOMBRIE SANITAIRE					
SAFER TABI BRAHIM					
CITE UNITE 2					
R.C.N° :		2841548A07			
M.F.N° :		197028010118246		M'SILA le : 27/03/2021	
ART N° :		28013502130			
CPT CPA N° :		00400315400000263881			
TEL :		035 35 44 32-		FAX : 035 35 41 29	
FACTURE 011-2021					
<u>DOIT :</u>					
N	DESIGNATION	U	QT	P/U	MONTANT
1	CHOUDIRE MURAL 25 SIM	u	1	149 000,00	149 000,00
2	RADIATEUR FONTE TURQUE	u	11	17 500,00	192 500,00
3	TOUYOU MULTICOUCHE 20	ML	400	130,00	52 000,00
4	HIKO TOYOU 20	u	60	210,00	12 600,00
5	AGANE 32	u	300	25,00	7 500,00
6	H COUDE SERTIR 20-15F	u	35	480,00	16 800,00
7	H TE SERTIR 20	u	15	650,00	9 750,00
8	SUPPORT RADIATEUR	u	10	120,00	1 200,00
9	ROBINET RADIATEUR ITALY	u	7	1 350,00	9 450,00
10	REDUCTION RADIATEUR	u	7	400,00	2 800,00
11	H NOURICE 26-20 3V	u	2	3 250,00	6 500,00
12	H SUPPORT NOURISE	u	1	680,00	680,00
13	PPR TUBE 32	u	2	1 250,00	2 500,00
14	PPR TUBE 25	u	2	800,00	1 600,00
15	COLIER SIMPLE 32	u	15	20,00	300,00
16	COLIER SIMPLE 25	u	15	15,00	225,00
17	PPR MONCHON LIBRE 32-26	u	2	600,00	1 200,00
18	PPR MONCHON LIBRE 32-20	u	4	600,00	2 400,00
19	PPR MONCHON LIBRE 25-20	u	4	250,00	1 000,00
20	PPR COUDE 32-90	u	10	80,00	800,00
21	PPR COUDE 25-90	u	10	40,00	400,00
22	VANNE SPHE 26	u	2	850,00	1 700,00
23	VANNE SPHE 20	u	2	280,00	560,00
24	RACORD MIXTE 4	u	14	280,00	3 920,00
25	MEMLON BRONZE 15	u	10	90,00	900,00
26	MEMLON BRONZE 20	u	10	160,00	1 600,00
27	TIFLON LIQUIDE MM	u	4	650,00	2 600,00
28	FILASSE	u	1	120,00	120,00
29	JUBT A JOINT	u	1	350,00	350,00
30	POMPE PANTAX GM	u	1	15 400,00	15 400,00
31	SERVOMATIQUE	u	1	3 900,00	3 900,00
				TOTAL :	50 2255,00

Conclusion général

Une étude de conception d'un système de chauffage à eau chaude d'une maison située dans la wilaya de Msila a été réalisée, dans le but de fournir l'énergie nécessaire pour répondre aux besoins des occupants dans la zone climatique A'. Il est a signalé que, cette étude 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 $80\text{ }^{\circ}\text{C} / 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou Tuyaux multicouche a été choisi pour utiliser 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 Maisons rurales ; dont le seul inconvénient est la maintenance qualifiée de tel réseau.

Références bibliographiques

- [1]. CHEITZ, I. & KONDAK, M. (1972). Transmission de chaleur. In technique soviétique (Ed), Thermique générale (p. 109-127)
- [2] ALI NEHARI, A. Étude thermo-énergétique d'un échangeur de chaleur à plaques et joints : Application aux fluides géothermiques.
- [3] <http://www.fsr.ac.ma/cours/physique/lemmini/chap3.pdf>
- [4]. CHEITZ, I. & KONDAK, M. (1972). Transmission de chaleur. In technique soviétique (Ed), Thermique générale (p. 109-127).
- [5] Bobin, J. L., Huffer, E., & Nifenecker, H. (2021). 2-LES MULTIPLES VISAGES DE L'ÉNERGIE. In L'énergie de demain (pp. 13-46). EDP Sciences.
- [6] Samri, D. (2008). Analyse physique et caractérisation hygrothermique des matériaux de construction: approche expérimentale et modélisation numérique. Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat.
- [7] 17 RAKOTONDRAMANGA Ony Nampoina
http://www.utc.fr/~houde/TF06/Cours_Transfert_de_chaleur.pdf
- [8] <https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwww.radiateur-electrique.>
- [9]: B. Cherif, « Calcul et technologie des échangeurs de chaleur ». Office des publications Universitaires 2012.
- [10] pour, m. d. f. d. e., du certificat, l. o., & de l'école, d. a. p. études du système de chauffage d'une maison individuelle et son application a l'élaboration d'une fiche pédagogique sur le concept chaleur.
- [11] Bellens , C. (1895). Traité des chaudières à vapeur : Étude sur la vaporisation dans les appareils industriels. Baudry & Cie.
- [12] : M. Moussa. J. Marie Perrier cornet. « Echangeur de Chaleur : échangeur tubulaire et échangeur à surface raclée ». Jean casting lasvinottes 2002.

- [13]. MAXWELL, D. (1995). La notion de la transmission de la chaleur. Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention du diplôme CAPEN. Ecole Normale Supérieure. Université d'Antananarivo.
- [14] Ranc, G., Sercombe, J., & Rodrigues, S. (2003). Comportement à haute température du béton de structure : impact de la fissuration sur les transferts hydriques. *Revue française de génie civil*, 7(4), 397-424.
- [15] Tawk, M. (2011). *Etude et réalisation d'un système de refroidissement pour l'électronique de puissance basé sur la mise en mouvement d'un fluide conducteur électrique* (Doctoral dissertation, Université de Grenoble).
- [16] Khadidja, B., & Nawal, B. (2018). Etude d'une installation de chauffage à eau chaude d'une Ecole située dans la wilaya d'Ain Défia.
- [17] chauffage. Site web : <https://fr.m.wikipedia.org> consulté en mai 2018
- [18] installateur de chauffage ; site web : <https://www.mychauffage.com> consulté en mai 2018
- [19] comparatif des différents types des radiateur ; site web : <https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/radiateur-electrique-inertie> consulté Avril 2018
- [20] matériaux-équipements/travaux/plomberie-tuyaux-en-cuivre site : www.edito.seloger.com consulté en mai 2018
- [21] <https://edito.seloger.com/materiaux-equipements/travaux/plomberie-tuyaux-en-cuivre-ou-en-article-2587.html>
- [22] chauffage : tous les matériaux, classifications et normes site web : <https://www.consobrico.com/les-materiaux-du-chauffage> consulté en 2018
- [23] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Isolant>
- [24] <https://www.leschroniquesdegoliath.com/conseils-maison-bricolage/le-confort-de-la-maison-renovation-bricolage/2701-2/>
- [25] https://www.caleffi.com/sites/default/files/file/01025_fr.pdf
- 26] <http://www.alec-nancy.fr/wp-content/uploads/2015/05/ALEC15-Les-organes-de-chaufferie-web.pdf>

[27] <https://elyotherm.fr/chauffage-central>

[28] <https://formation>

energetique.fr/images/LPBatiment/Seconde/Cours/hydraulique/les_r%C3%A9seaux/les_r%C3%A9seaux.pdf

[29] <https://elyotherm.fr/chauffage-central>

[30] <https://www.leschroniquesdegoliath.com/conseils-maison-bricolage/le-confort-de-lamaison-renovation-bricolage/2701-2>

[31] Guide de chauffage site : <https://www.leguידeduchauffage.com> consulté en 2018

[32] <http://www.techniceau.com/energie/reguler/#:~:text=La%20sonde%20ext%C3%A9rieure&text=Ce%20syst%C3%A8me%20convient%20bien%20dans,de%20chaleur%20dans%20le%20logement>.