

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

جامعة أبو بكر بلقايد – تلمسان –

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



## **MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER** en **GENIE-CIVIL**

**Spécialité :** Structures : Efficacités Energétique dans les bâtiments de Construction

**Sujet :**

***DIMENSIONNEMENT D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE  
D'UN MAISON SITUE A TLEMCEEN***

**Présenté Par :** BAOUCH Abdelheq

Soutenu 05 juin 2023, devant le jury composé de :

Mme HAMIMED Nadia	MCA	UABT	Présidente
Mr MAACHOU Omar	MAA	UABT	Examineur
Mr SELKA Ghouti	MCB	UABT	Encadrant

**Année universitaire : 2022-2023**

## Dédicace

Je dédie ce mémoire

*A Mon père [Allah yarahmou] et à ma mère qui m'ont soutenu dans  
mes études,*

*A mon frère et ma sœur,*

*A toute ma famille,*

*A tous mes amis,*

*Et à tous ceux qui me sont chers.*

## **Remerciements**

*Je remercie avant et après tous Allah le tout puissant qui nous a donné la foi et la force pour réaliser ce travail.*

*Je remercie évidemment **Mr SELKA Ghouti** notre encadrant de ce mémoire, pour avoir soutenus et guidé tout au long de ce dernier. Remercions particulièrement pour la confiance qu'il a accordés, pour sa rigueur scientifique, pour sa patience et pour ses conseils judicieux qui ont contribué à la réalisation et à l'accomplissement de ce travail.*

*Je tiens à exprimer et remerciements à **Mme HAMIMED Nadia** pour d'accepter la présidente du jury, tout comme **Mr MAACHOU Omar** d'avoir accepté d'examiner et de juger notre travail.*

*Remerciements à :*

*L'université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen et à tous les enseignants du département de génie civil.*

*Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## Table des matières

<b>Dédicace</b> .....	i
<b>Remerciements</b> .....	ii
Table des matières .....	iii
<b>Résumé</b> .....	vii
<b>Abstract</b> .....	vii
<b>Nomenclature générale</b> .....	viii
<b>Liste des Tableaux</b> .....	x
<b>Liste des Figures</b> .....	xii
Introduction générale.....	1
<b>CHAPITRE 1. TRANSFERT THERMIQUE</b> .....	3
1.1 Introduction.....	4
1.2 Définition de base .....	4
1.3 Différents modes de transfert thermique.....	4
1.3.1 Transfert de chaleur par conduction .....	4
1.3.2 Transfert thermique par convection.....	7
1.3.3 Transfert thermique par rayonnement .....	9
1.4 Déperdition thermique.....	10
1.5 Ponts thermiques .....	11
1.6 L'isolation.....	13
1.7 Conclusion .....	16
<b>CHAPITRE 2. DETERMINATION DES DEPERDITIONS CALORIFIQUE</b> .....	17
2.1 Introduction.....	18
2.2 Présentation du projet.....	18
2.2.1 Données architecturales de la maison .....	18
2.3 Description de la structure.....	23
2.4 Déperditions de la maison .....	23
2.4.1 Déperditions totales .....	23
2.4.2 Déperditions totales d'un volume.....	23
2.4.3 Déperditions par transmission d'un volume.....	23
2.4.4 Déperditions par renouvellement d'air .....	24
2.5 Vérification et les déperditions de référence .....	24
2.5.1 Vérification réglementaire .....	24
2.5.2 Calcul des déperditions de référence .....	25
2.6 Déperditions de Base.....	25

2.6.1	Température intérieure de base.....	26
2.6.2	Température extérieure de base .....	26
2.6.3	Coefficient de déperdition globale (G) (méthode RT2012) .....	26
2.7	Les déperditions surfaciques par transmission de la maison .....	27
2.8	Déperditions à travers les ponts thermiques .....	28
2.9	Coefficients de transmission surfacique (K) .....	28
2.9.1	Résistance thermique d'un matériau.....	29
2.9.2	Calcul des résistances thermiques .....	29
2.10	Calcul du coefficient de transmission surfacique de la maison .....	34
2.10.1	Calcul du coefficient de transmission surfacique du mur extérieur ( $K_m$ ) .....	34
2.10.2	Calcul du coefficient de transmission surfacique des cloisons ( $K_c$ ) .....	35
2.10.3	Calcul du coefficient de transmission surfacique du plancher bas Rdc ( $K_{pb}$ ).....	36
2.10.4	Calcul du coefficient de transmission surfacique de terrasse ( $K_t$ ) .....	36
2.10.5	Coefficient de transmission surfacique des fenêtres et les portes.....	37
2.11	Conclusion .....	44
<b>CHAPITRE 3. DETERMINATION DES BESOINS DE CHAUFFAGE .....</b>		<b>45</b>
3.1	Introduction.....	46
3.2	Détermination des besoins de chauffage.....	46
3.2.1	Calcul du coefficient de déperdition thermique $G_v$ .....	46
3.2.2	Calcul du coefficient des besoins thermique $B_v$ .....	47
3.3	Méthode des degrés de jours .....	47
3.3.1	Calcul du coefficient de déperditions thermique $G_v$ .....	48
3.3.2	Calcul des apports internes .....	48
3.3.3	Calcul des degrés de jours .....	49
3.4	Calcul des besoins en chauffage .....	50
3.5	Conclusion .....	52
<b>CHAPITRE 4. DETERMINATION DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE .....</b>		<b>53</b>
4.1	Introduction.....	54
4.2	Systèmes de chauffage .....	54
4.2.1	Chauffage individuel .....	54
4.2.2	Chauffage central.....	54
4.2.3	Chauffage collectif.....	55
4.3	Types d'installations de chauffage .....	55
4.3.1	Installation de chauffage à combustible .....	55
4.3.2	Installation de chauffage à air chaud .....	55

4.3.3	Installation de chauffage à eau chaude .....	56
4.4	Organes d'une installation de chauffage à eau .....	56
4.4.1	Type de chaudière.....	56
4.5	Système chauffage .....	57
4.5.1	Chaudière.....	57
4.5.2	Les tuyaux.....	58
4.5.3	Les radiateurs.....	62
4.6	Organes de fonctionnement .....	64
4.6.1	Le circulateur ou pompe .....	64
4.6.2	Collecteur.....	64
4.6.3	Vanne 3 ou 4 voies .....	65
4.6.4	Vanne d'isolement .....	66
4.7	Les organes de sécurité .....	66
4.7.1	Soupape de sécurité .....	66
4.7.2	Le purgeur automatique ou manuel .....	67
4.7.3	Le clapet anti retour .....	68
4.7.4	Le vase d'expansion .....	68
4.7.5	La vanne de vidange .....	69
4.8	Organes de contrôle.....	69
4.8.1	Manomètre.....	69
4.8.2	Sonde de température .....	70
4.9	Différents systèmes de distribution de chaleur .....	70
4.9.1	Distribution monotube simple .....	71
4.9.2	Distribution monotube dérivation.....	71
4.9.3	Distribution bitube .....	72
4.9.4	Distribution bitube en Parapluie .....	73
4.9.5	Distribution bitube en Chandelle .....	73
4.9.6	Distribution bitube en pieuvre .....	73
4.10	Régulation de système de chauffage.....	74
4.10.1	Régulation par Le thermostat d'ambiance .....	74
4.10.2	Régulation par les robinets thermostatiques .....	75
4.10.3	Régulation avec sonde extérieure .....	75
4.11	Puissance des radiateurs .....	76
4.11.1	La taille de la pièce quand souhaite chauffer.....	76
4.12	Choix et dimensionnement des radiateurs.....	77

4.12.1	Puissance des radiateurs .....	80
4.12.2	Calcul du débit des radiateurs .....	84
4.12.3	Calcul du volume d'eau des radiateurs .....	85
4.12.4	Evaluer la robinetterie des radiateurs .....	85
4.12.5	Evaluer le diamètre d'alimentation des radiateurs.....	86
4.13	Choix de la chaudière .....	88
4.14	Plan des radiateurs de maison.....	89
4.15	Conclusion .....	90
	Conclusion générale .....	91
	Bibliographie.....	92

## Résumé

Afin d'obtenir dans notre habitat le bien être du corps humain durant la période hivernale le chauffage central à eau chaude est devenu une nécessité, surtout avec le changement climatique signaler ces derniers temps. Dans ce contexte, une étude d'une installation de chauffage à eau chaude a été menée afin de chauffer notre maison. Les moyens institutionnels étudiés sont situés dans la zone de Tlemcen (zone climatique B). Pour ce faire, la méthode donnée par le document technique réglementaire algérien (DTR-C32) a été adoptée pour le calcul thermique des différents paramètres, ce qui a permis d'atteindre les objectifs de cette étude.

**Mots clés :** Confort thermique, Chauffage a eau chaude, Déperditions thermiques, DTR-C32.

## Abstract

Hot water central heating has become a necessity, especially in because of the recent climate change. In this context, a study of a hot water heating system was carried out in order to heat our home. The institutional facilities studied are located in the Tlemcen area (climatic zone B). For this purpose, the method given by the Algerian regulatory technical document (DTR-C32) was adopted for the thermal calculation of the various parameters, which enabled the objectives of this study to be achieved.

**Keywords :** Thermal comfort, Hot water heating, Thermal losses, DTR-C32.

## ملخص

من أجل الحصول على التدفئة المركزية للمياه الساخنة في منزلنا ورفاهية جسم الإنسان خلال فترة الشتاء، أصبحت ضرورة، خاصة مع التقرير الأخير عن تغير المناخ. في هذا السياق، تم إجراء دراسة لنظام تسخين الماء الساخن لتدفئة منزلنا. تقع الوسائل المؤسسية التي تمت دراستها في منطقة تلمسان (المنطقة المناخية ب).

ولتحقيق ذلك، اعتمدت الطريقة الواردة في الوثيقة التقنية التنظيمية الجزائرية (DTR-C32) للحساب الحراري، مما مكّن من تحقيق أهداف هذه الدراسة.

**الكلمات الرئيسية:** الراحة الحرارية، تسخين الماء الساخن، الخسائر الحرارية، DTR-C32.

## Nomenclature générale

<b>Symbole</b>	<b>Désignation</b>	<b>Unité</b>
<b>D<sub>i</sub></b>	Les déperditions totales D <sub>i</sub>	[W/°C]
<b>DT</b>	Déperditions par transmission	[W/°C]
<b>DR</b>	Déperditions par renouvellement d'air	[W/°C]
<b>D<sub>s</sub></b>	Déperditions surfaciques à travers les parties	[W/°C]
<b>D<sub>li</sub></b>	Déperditions à travers les liaisons	[W/°C]
<b>D<sub>sol</sub></b>	Déperditions à travers les parois en contact avec le sol	[W/°C]
<b>D<sub>lnc</sub></b>	Les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés	[W/°C]
<b>D<sub>m</sub></b>	Déperdition par le mur extérieur	[W/°C]
<b>D<sub>po</sub></b>	Déperditions par les portes	[W/°C]
<b>D<sub>f</sub></b>	Déperditions par les fenêtres	[W/°C]
<b>D<sub>ph</sub></b>	Déperditions par le plancher	[W/°C]
<b>D<sub>pb</sub></b>	Déperditions par le toit	[W/°C]
<b>D<sub>réf</sub></b>	Déperditions de référence	[W/°C]
<b>G</b>	Déperditions globale	[W/m <sup>3</sup> .°C]
<b>R<sub>th</sub></b>	Les résistances thermiques	[m <sup>2</sup> .C°/W]
<b>λ</b>	Conductivité thermique	[W/m.C°]
<b>K<sub>m</sub></b>	Coefficient de transmission surfacique de mur	[W/m <sup>2</sup> .C°]
<b>K<sub>po</sub></b>	Coefficient de transmission surfacique de porte	[W/m <sup>2</sup> .C°]
<b>K<sub>f</sub></b>	Coefficients de transmission surfacique des fenêtres	[W/m <sup>2</sup> .C°]
<b>K<sub>ph</sub></b>	Coefficient de transmission surfacique de plancher haut	[W/m <sup>2</sup> .C°]

<b>Kpb</b>	Coefficient de transmission surfacique de plancher bas	[W/m <sup>2</sup> .C°]
<b>Sm</b>	La surface de mur extérieur	[m <sup>2</sup> ]
<b>Sp<sub>o</sub></b>	La surface de la porte	[m <sup>2</sup> ]
<b>Sf</b>	La surface de la fenêtre	[m <sup>2</sup> ]
<b>Sph</b>	Surface du toit	[m <sup>2</sup> ]
<b>Sp<sub>b</sub></b>	Surface du plancher bas	[m <sup>2</sup> ]
<b>h<sub>v</sub></b>	Désigne le volume habitable	[m <sup>3</sup> ]
<b>Q<sub>v</sub>réf</b>	Déperditions par référence	[W/C°]
<b>A<sub>b,c,d,e</sub></b>	Coefficient de déperdition de référence	[W/m <sup>2</sup> . C°]
<b>Q<sub>th</sub></b>	Flux de déperdition thermique	[W]
<b>GV</b>	Coefficient de déperdition thermique	[W/C°]
<b>Q<sub>i</sub></b>	Les apports internes de la maison	[W]
<b>Q<sub>c</sub></b>	L'énergie à fournir pour le chauffage	[W]
<b>BV</b>	Le coefficient des besoins thermiques	[W/C°]
<b>T<sub>i</sub></b>	La température intérieure de base	[C°]
<b>T<sub>e</sub></b>	La température extérieure de base	[C°]
<b>T<sub>a</sub></b>	La température de confort	[C°]
<b>T<sub>sc</sub></b>	La température sans chauffage	[C°]
<b>N<sub>dj</sub></b>	Degrés de jours	[C°]
<b>P<sub>c</sub></b>	La puissance de radiateur	[W]
<b>Prad</b>	La puissance d'un radiateur	[W]

## Liste des Tableaux

Tableau 2. 1 - Les données de la maison. ....	18
Tableau 2. 2 - Tableau pour le calcul des débits de renouvellement. ....	24
Tableau 2. 3 - Coefficients de déperditions de référence. ....	25
Tableau 2. 4 - Fixe les valeurs de la température extérieure de base. ....	26
Tableau 2. 5 - Caractéristiques du mur en maçonnerie 30cm. ....	30
Tableau 2. 6 - Les caractéristiques du mur en maçonnerie 35cm. ....	30
Tableau 2. 7 - Caractéristiques du mur en maçonnerie 40cm. ....	31
Tableau 2. 8 - Caractéristiques du mur en maçonnerie de 15cm d'épaisseur. ....	31
Tableau 2. 9 - Caractéristiques de plancher bas (RDC). ....	32
Tableau 2. 10 - Caractéristiques de plancher haut (RDC). ....	32
Tableau 2. 11 - Caractéristiques de terrasse inaccessible (RDC). ....	33
Tableau 2. 12 - Caractéristiques de terrasse inaccessible 1 er étage. ....	33
Tableau 2. 13 - Coefficients d'échanges superficiels. ....	34
Tableau 2. 14 - Déperditions de chambre. ....	38
Tableau 2. 15 - Déperditions du Hall d'entrée. ....	39
Tableau 2. 16 - Déperditions du Garage. ....	39
Tableau 2. 17 - Déperditions de hammam. ....	39
Tableau 2. 18 - Déperditions de WC + SAS. ....	39
Tableau 2. 19 - Déperditions de séjour. ....	40
Tableau 2. 20 - Déperditions de chambre 01. ....	40
Tableau 2. 21 - Déperditions de chambre 02. ....	40
Tableau 2. 22 - Déperditions de chambre 03 + Dressing. ....	40
Tableau 2. 23 - Déperditions de séjour + Hall. ....	41
Tableau 2. 24 - Déperditions de cuisine. ....	41
Tableau 2. 25 - Déperditions de SDB. ....	41
Tableau 2. 26 - Déperditions de WC + SAS. ....	41
Tableau 2. 27 - Déperditions de HALL. ....	42
Tableau 2. 28 - Déperditions des Escalier. ....	42
Tableau 2. 29 - Déperditions de référence. ....	43
Tableau 3. 1 - Nombre des degrés de jours. ....	49
Tableau 3. 2 - Températures extérieure moyenne annuelles.[10] ....	51
Tableau 3. 3 - Besoins en chauffage pour chaque mois de la saison de chauffage. ....	51
Tableau 4. 1 - Volume de chaque pièce (RDC). ....	76
Tableau 4. 2 - Volume de chaque pièce (1er étage). ....	77
Tableau 4. 3 - puissance des éléments. [34]. ....	80
Tableau 4. 4 - Robinetterie des radiateurs. ....	85
Tableau 4. 5 - Diamètre d'alimentation des radiateurs. ....	86

Tableau 4. 6 - Choix des corps de chauffe pour le rez de chaussée.....	86
Tableau 4. 7 - Choix des corps de chauffe pour le 1er étage. ....	87

## Liste des Figures

Figure 1. 1 - Exemple de conduction dans un mur [2].....	5
Figure 1. 2 - Conductivité thermique de quelques matériaux.....	5
Figure 1. 3 - Représentation du transfert thermique dans un mur simple et mur [3].....	7
Figure 1. 4 - Déperdition du rayonnement solaire sur une surface. [5] .....	9
Figure 1. 5 - Rénovation thermique. ....	11
Figure 1. 6 - Ponts thermiques intégrés. [6].....	12
Figure 1. 7 - Ponts thermiques de liaison. [6] .....	12
Figure 1. 8 - Les bâtiments sont isolés par l'extérieur afin de limiter les ponts thermiques. [7].....	13
Figure 1. 9 - l'isolation intérieur. ....	14
Figure 1. 10 - Isolation extérieur.....	15
Figure 1. 11 - Isolation répartie.....	15
Figure 2. 1 - Plan de RDC.....	19
Figure 2. 2 - Plan de 1er étage. ....	19
Figure 2. 3 - Coupe A-A. ....	20
Figure 2. 4 - Plan d'une maison en 3D. ....	21
Figure 2. 5 - Vue de façade de la Maison. ....	21
Figure 2. 6 - Plan de situation. ....	22
Figure 2. 7 - Plan de masse Ech : 1 /200.....	22
Figure 2. 8 - Carte topographique Tlemcen afficher l'altitude. ....	22
Figure 2. 9 - traitement d'un pont thermique. ....	28
Figure 2. 10 - Mur double parois en brique avec une lame d'air.....	29
Figure 3. 1 - Températures moyennes mensuelles [9]. ....	49
Figure 3. 2 - Nombre des degrés de jours (ndj) à Tlemcen.....	50
Figure 3. 3 - Besoins énergétiques maximums de chauffage.....	52
Figure 4. 1 - Chaudière au sol. [21] .....	56
Figure 4. 2 - Chaudière murale. [22].....	57
Figure 4. 3 - schéma d'une chaudière. [15] .....	58
Figure 4. 4 - Les Tuyauteries. [15].....	58
Figure 4. 5 - Tuyau PER. (htt11) [24].....	59
Figure 4. 6 - Tuyau en cuivre.....	60
Figure 4. 7 - Tuyau en l'acier noire. [25].....	60
Figure 4. 8 - Tuyau PPR.....	61
Figure 4. 9 - Tuyau multicouche. (htt12)[26] .....	61
Figure 4. 10 - Les radiateur. [15] .....	62
Figure 4. 11 - radiateurs en fonte.....	62
Figure 4. 12 - radiateurs en acier.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 13 - radiateurs en aluminium. [23] .....	
Figure 4. 14 - pompe de circulation. [27] .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 15 - Collecteur.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 16 - Vanne 4 voies.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

Figure 4. 17 - Groupe de remplissage. [28] .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 18 - Vanne d'isolement.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 19 - Soupape de sécurité.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 20 - Purgeur automatique. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 21 Purgeur manuel.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 22 - Clapet anti retour.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 23 - Vase d'expansion. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 24 - Vanne de vidange.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 25 - Manomètre. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 26 - Sonde de température.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 27 - Fonctionnement d'un système de chauffage monotube. [16] .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 4. 28 - Distribution monotube. [30] .....</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 29 - Fonctionnement d'un système de chauffage bitube.[12] ...	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 30 - Distribution bitube par parapluie.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 31 - Distribution bitube par chandelle. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 32 - Distribution bitube en pieuvre. [27] .....	74
Figure 4. 33 - Thermostat d'ambiance.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 34 - Vanne thermostatique. [31] .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 35 - Sonde extérieure. [32] .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 36 - Radiateur. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 37 - les élément radiateur. [34].....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 38 - Plan finale de RDC.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4. 39 - Plan finale de 1er étage. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

## **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 bâtiments et 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 un 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 située dans la wilaya de Tlemcen, exactement dans la zone B.

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

Une introduction générale ; une partie développement composée de :

Chapitre I : généralités sur les Transfer thermique,

Chapitre II : Détermination des déperditions calorifique,

Chapitre III : Détermination des besoins de chauffage,

Chapitre IV : Dimensionnement des installations de chauffage, enfin une conclusion générale.

# CHAPITRE 1. TRANSFERT THERMIQUE

## 1.1 Introduction

Les différents éléments naturels tel que : soleil, pluie, vent caractérisent les ambiances extérieures d'un bâtiment. Une bonne conception du bâtiment est essentielle pour assurer le confort par l'utilisation judicieuse des dispositifs techniques, architecturaux et constrictifs, apportant les conditions thermiques les plus adéquats, tels que le type des protections solaires, inertie thermique suffisante, orientation, ventilation naturelle, charge interne électrique faible en été . La prise en compte de ces techniques, dès la phase amont de la conception, garantit non seulement le confort attendu mais évite le recours aux dispositifs actifs et qui seront coûteux pour rétablir le bien être des individus.

La quantité de chaleur qui passe d'un système à un autre est très importante à connaître. La mise au point et la conception de tous les équipements dans lesquels la chaleur est transférée nécessite de connaître la quantité de chaleur qui passe par ces machines afin de pouvoir dimensionner les composants et choisir les matériaux nécessaires et appropriés.

## 1.2 Définition de base

Le transfert thermique est le processus par lequel de la chaleur est transférée d'un corps à un autre. Il se produit toujours du corps chaud au corps froid jusqu'à ce que les deux corps atteignent une température égale. Il existe trois modes de transfert thermique : **La conduction, La convection, Le rayonnement.**

## 1.3 Différents modes de transfert thermique

### 1.3.1 Transfert de chaleur par conduction

La conduction thermique (ou diffusion thermique) est un mode de transfert thermique provoqué par une différence de température entre deux régions d'un même milieu, ou entre deux milieux en contact.[1]

La figure 1-1 montre la conduction de la chaleur qui s'effectue à travers n'importe quel matériau, que ce soit une vitre en verre ou un mur en brique. Cet exemple illustre le transfert thermique à travers une barre rectangulaire. [2]

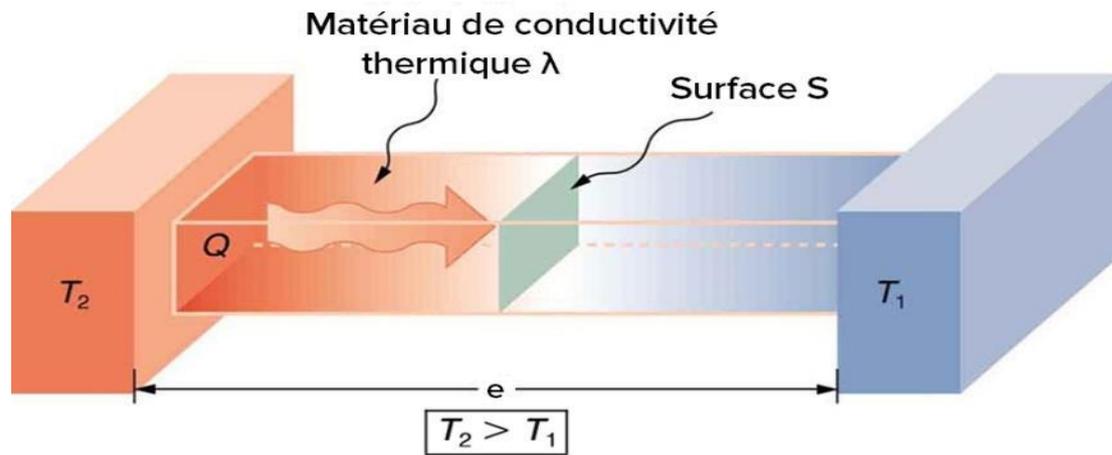


Figure 1. 1 - Exemple de conduction dans un mur [2].

### Illustration de la différence de conductivité thermique de quelques matériaux usuels

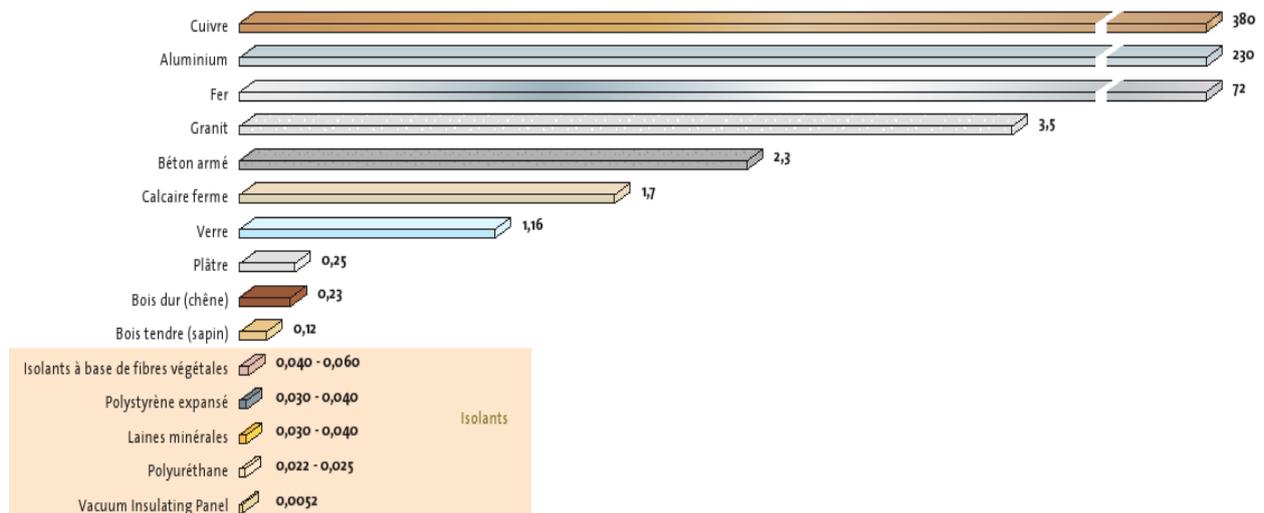


Figure 1. 2 - Conductivité thermique de quelques matériaux.

### 1.3.1.1 Processus

Le processus de conduction se produit en réponse à une différence de température entre deux objets en contact, qui crée un flux de chaleur du corps plus chaud vers le corps plus froid.

### 1.3.1.2 Résistance thermique par conduction

La résistance thermique par conduction est une mesure de la capacité d'un matériau à résister au transfert de chaleur par conduction. La conduction thermique se produit lorsque la chaleur se déplace à travers un matériau en raison de la diffusion des vibrations thermiques des atomes ou des molécules.

Cette résistance est très importante dans les enveloppes des bâtiments puisqu'elle permet de réduire les déperditions (hiver) ou les apports gratuits de chaleur (été) si elle comporte des matériaux isolants.

La résistance thermique par conduction peut être calculée en utilisant l'équation suivante :

Pour 1m<sup>2</sup> de surface,

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (K/W) \quad (1.1)$$

Où :

R : résistance thermique (K/W).

e : épaisseur du mur (m).

λ: conductivité thermique (W/m.K).

### 1.3.1.3 Expression du flux thermique de conduction dans un mur

On prend 02 parois avec des températures différentes, l'une à la température  $T_1$  et l'autre à la température  $T_2$  et Si les températures sur les faces 1 et 2 sont du type  $T_1 > T_2$ , un flux thermique se transmettra par conduction dans le mur de la face 1 vers la face 2.

En négligeant les pertes de chaleur par les faces latérales du mur et la diffusion dans les autres directions, les lignes d'écoulement de la chaleur sont rectilignes et perpendiculaires aux deux faces isothermes 1 et 2.

Le flux thermique traversant par conduction une mince paroi d'épaisseur  $dx$  située à une distance  $x$  de la face 1 et se trouvant respectivement à la température  $T$  et  $T+dT$ .

$$\Phi = -\lambda \times S \times \left( \frac{dT}{dx} \right) \quad (1.2)$$

**S** : surface perpendiculaire au flux thermique.

**λ**: Conductivité thermique du matériau.

**(dT/dx)** : Le gradient de température au point  $x$  considéré, c'est à dire la variation de la température par unité de longueur dans la direction  $x$  .[3]

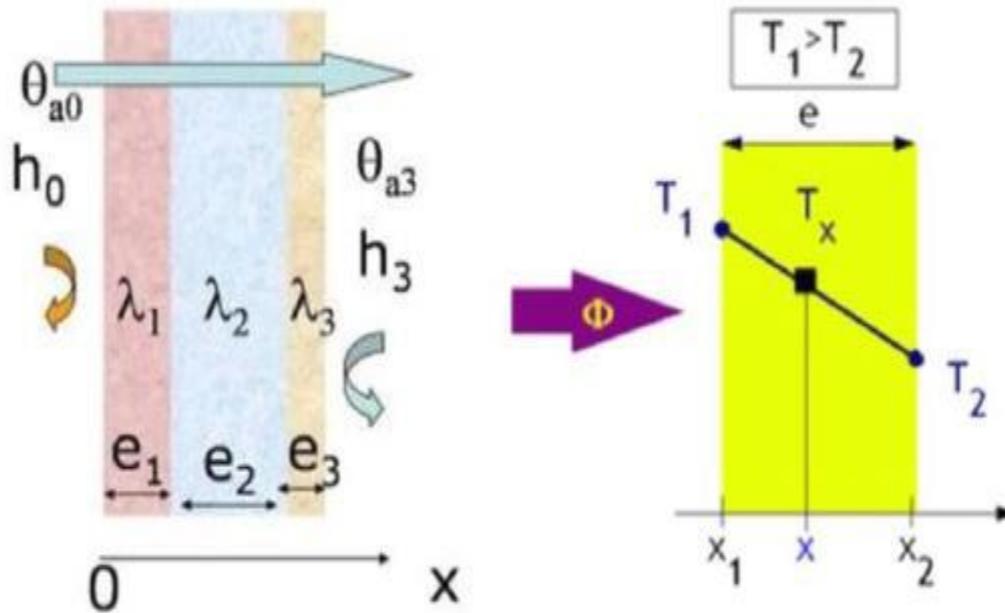


Figure 1. 3 - Représentation du transfert thermique dans un mur simple et mur [3].

### 1.3.2 Transfert thermique par convection

Le transfert thermique par convection est un mode de transfert de chaleur qui implique le mouvement d'un fluide (liquide ou gaz) autour d'un objet pour transférer de la chaleur entre l'objet et le fluide. Le transfert de chaleur par convection peut se produire de plusieurs manières. [4]

#### ❖ Convection naturelle :

Appelée convection libre, elle se produit lorsque le fluide est chauffé et se dilate, devenant moins dense et montant. Le fluide refroidi et devient plus dense, descendant alors pour remplacer le fluide chaud. Ce cycle de convection continue tant que la différence de température existe.

#### ❖ Convection forcée :

Dans ce mode de transfert de chaleur, le fluide est forcé à bouger à travers une source externe, comme une pompe ou un ventilateur. Par exemple, un radiateur de voiture utilise un ventilateur pour forcer de l'air à travers les ailettes de refroidissement pour dissiper la chaleur générée par le moteur.

#### ❖ Convection mixte :

Il s'agit d'une combinaison de convection naturelle et forcée, qui se produit lorsque les deux modes sont présents en même temps. Le transfert thermique par convection est un mode de transfert de chaleur important dans de nombreuses applications, telles que le refroidissement des moteurs, le chauffage et la climatisation des bâtiments, la cuisine, etc.

### 1.3.2.1 Résistance thermique de convection

La résistance thermique de convection dépend seulement de la surface (rugosité, superficie, orientation) et du fluide (température, masse volumique, capacité thermique massique, vitesse), cette dernière exprime sa résistance thermique au passage d'un flux de chaleur d'origine convective à une surface.

La résistance thermique de convection est exprimée en (K/W) et présentée par :

$$\mathbf{R_{cv}} = \frac{1}{h \cdot S} \quad (1.3)$$

**R<sub>cv</sub>** : la résistance thermique de convection (K/W).

**h** : le coefficient d'échanges superficiels (W/ m<sup>2</sup>. K).

**S** : la surface de convection en (m<sup>2</sup>).

### 1.3.2.2 Coefficient d'échange par convection *h*

Le coefficient d'échange par convection est souvent utilisé dans de nombreuses applications industrielles telles que les échangeurs de chaleur, les réacteurs chimiques, les tours de refroidissement. Pour n'importe quel régime d'écoulement du fluide et le type de convection, le flux de chaleur est présenté la loi de la convection, ou loi de Newton.

Où :

$$\varphi = h(T_S - T_\infty) \quad (1.4)$$

**φ** : la densité de flux thermique [W/m<sup>2</sup>].

**h** : le coefficient de transfert de chaleur [W/(m<sup>2</sup>.°C) ou W/(m<sup>2</sup>.K)] .

**T<sub>s</sub>** : la température de la surface [K ou °C].

**T<sub>∞</sub>** : la température loin de la surface [K ou °C].

Le coefficient **h** dépend de nombreux facteurs et il est important de prendre en compte ces différents paramètres pour obtenir des résultats précis en matière de transfert de chaleur, des paramètres qui peuvent influencer le coefficient **h** :

- Caractéristiques du fluide.
- La température.
- La forme de la surface d'échange.

- Nature de l'écoulement.

### 1.3.3 Transfert thermique par rayonnement

Le rayonnement thermique est un cas particulier du rayonnement électromagnétique. L'exemple le plus explicite est le rayonnement solaire.

Le rayonnement thermique est le mode de transmission par lequel la chaleur passe d'un corps à haute température à un autre plus froid sans contact ni matière. C'est donc le seul mode de transfert de chaleur qui peut se propager dans le vide. [5]

Le rayonnement solaire se décompose de la manière suivante :

- Le rayonnement solaire extraterrestre
- Le rayonnement direct qui provient directement du soleil
- Le rayonnement diffus qui est le rayonnement absorbé par l'atmosphère ou les nuages et diffusé vers le sol.
- Le rayonnement réfléchi ou albédo qui traduit la capacité de certaines surfaces à réfléchir le rayonnement direct.
- Le rayonnement global (somme des 3 précédents).

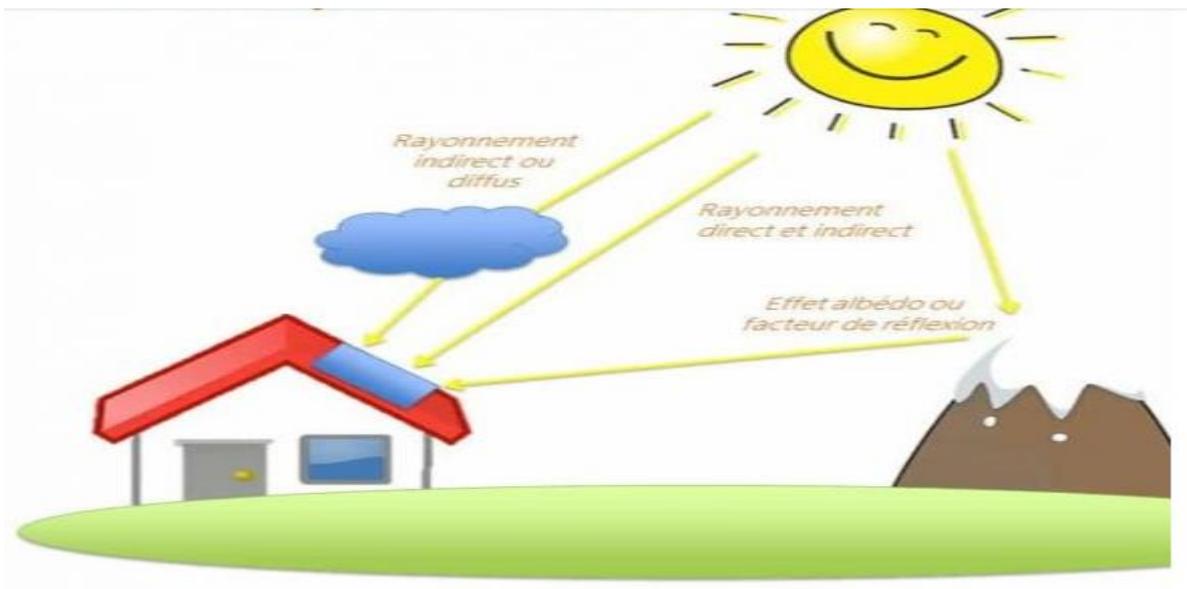


Figure 1. 4 - Déperdition du rayonnement solaire sur une surface. [5]

### 1.3.3.1 Structure du rayonnement

Le rayonnement est un mode d'échange d'énergie par émission et absorption de radiations électromagnétiques suivant le processus :

- ✓ **Emission** : Il y a conversion de l'énergie fournie à la source en énergie électromagnétique.
- ✓ **Transmission** : La transmission de cette énergie électromagnétique se fait par propagation d'ondes avec une partie absorbée par le milieu traversé.
- ✓ **Réception** : A la réception, il y a conversion du rayonnement électromagnétique incident en énergie thermique ou absorption. En effet, les photons qui arrivent sur un matériau, excitent les électrons qui se recombinent avec les trous dissipant de la chaleur.

### 1.3.3.2 Condition de rayonnement d'un corps

Tous les corps matériels sont considérés capables d'émettre de l'énergie sous forme de rayonnement et d'en recevoir dès que la température est supérieure au zéro absolu. Un corps à la température  $T$  émet des ondes de plusieurs fréquences différentes, et la répartition de cette énergie dépend de la température du corps. La vitesse des ondes électromagnétiques dans le vide est :

$$C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

## 1.4 Déperdition thermique

La déperdition thermique, également appelée perte de chaleur, se réfère à la quantité de chaleur qui s'échappe d'un système ou d'un objet vers l'environnement environnant. Cela peut se produire de différentes manières, telles que la conduction, la convection et le rayonnement.

La mesure de la déperdition thermique est importante pour les concepteurs de bâtiments et les ingénieurs en énergie afin de créer des systèmes de chauffage et de refroidissement plus efficaces et d'améliorer l'efficacité énergétique globale d'un bâtiment ou d'un objet. Des techniques telles que l'isolation thermique, les fenêtres à double vitrage et l'utilisation de matériaux réfléchissants peuvent aider à réduire la déperdition thermique et à économiser de l'énergie.

Par exemple, dans une maison, la déperdition thermique peut se produire à travers les murs, le toit, les fenêtres, les portes et les planchers. Si la maison n'est pas correctement isolée, la chaleur produite par le système de chauffage ou le corps humain peut s'échapper, entraînant une perte d'énergie et des coûts supplémentaires pour chauffer la maison.

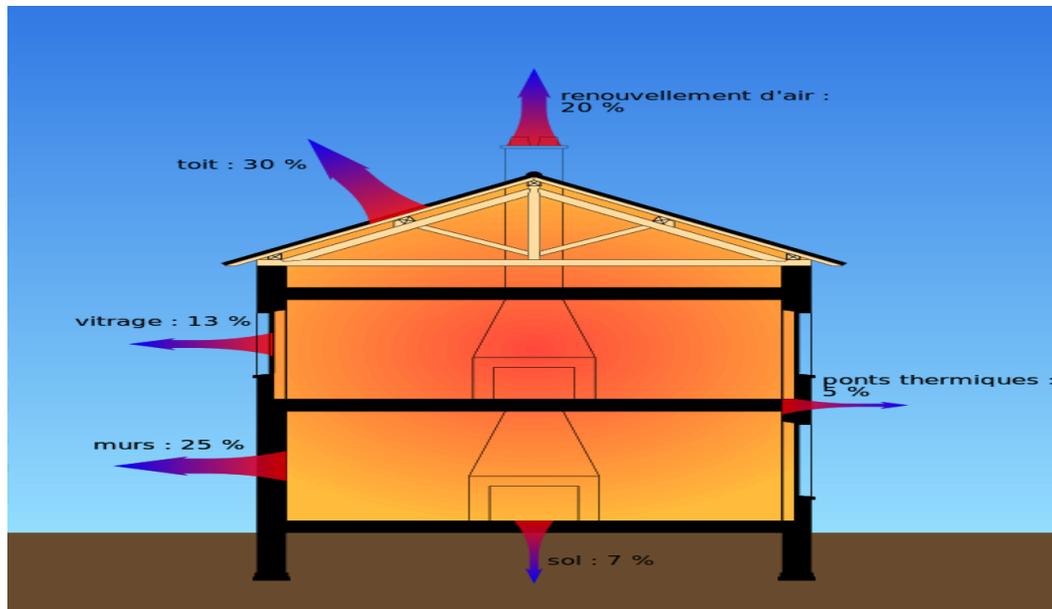


Figure 1. 5 - Rénovation thermique.

Les déperditions possibles pour une structure passant :

- ✓ Par la toiture en contact avec l'extérieur.
- ✓ À travers les murs.
- ✓ Par le plancher bas.
- ✓ À travers les portes et les fenêtres.
- ✓ Par renouvellement d'air et les fuites.
- ✓ Au niveau des ponts thermiques.

## 1.5 Ponts thermiques

Un pont thermique est un point de rupture dans l'isolation thermique. Les conséquences sont une dégradation du logement due à la présence d'humidité, un inconfort pour les occupants, une plus forte consommation d'énergie et une augmentation des factures de chauffage.

Dans les habitations anciennes et non isolées, les pertes de chaleur engendrées par les ponts thermiques représentent en règle générale moins de 20% de la déperdition énergétique globale du bâtiment. À l'inverse, dans un bâtiment plus récent et bien isolé, le ponts thermiques peuvent

occasionner des pertes de chaleur proportionnellement très importantes par rapport à la déperdition énergétique globale du bâtiment. [6]

Un pont thermique est une discontinuité d'isolation provoquant une déperdition d'énergie. On en distingue deux grands types : les ponts thermiques intégrés et les ponts thermiques de liaisons.

#### 4.7.1 Ponts thermiques intégrés

Les ponts thermiques intégrés sont créés dans une paroi par des éléments dont la conductivité thermique est plus élevée, par exemple un rail ou un appui métallique. Ils peuvent également être dus à un défaut de mise en œuvre ou d'assemblage provoquant un décalage entre les éléments isolants.



Figure 1. 6 - Ponts thermiques intégrés. [6]

#### 4.7.2 Ponts thermiques de liaisons

Les ponts thermiques de liaisons se retrouvent aux interfaces entre deux parois, typiquement entre une dalle et un mur, autour des encadrements de fenêtres ou au niveau des balcons. La déperdition thermique due à la discontinuité d'isolation entraîne un flux de chaleur du local chauffé vers l'extérieur ou vers un local non chauffé.

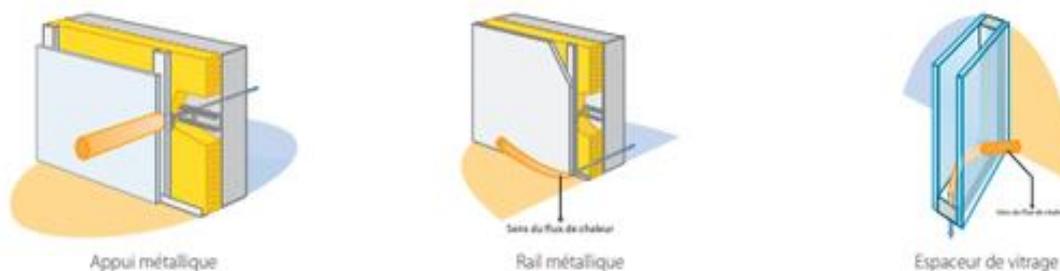


Figure 1. 7 - Ponts thermiques de liaison. [6]

## 1.6 L'isolation

On entend par isolation, la capacité à empêcher l'échange énergétique entre un corps et son environnement et cela dans différents domaines non isothermes ou liés aux gradients de température.

**En construction :** L'isolation consiste à protéger contre le bruit (isolation phonique), contre la chaleur (isolation thermique) ou contre l'électricité (isolation électrique). On parle d'isolation thermique pour désigner les techniques dont l'objectif est de minimiser les transferts de chaleur. Pour cela, il faut utiliser des matériaux isolants possédant une faible conductivité thermique, comme la ouate de cellulose, la laine de verre, la laine de roche...

**En électricité :** l'isolation consiste à empêcher le passage du courant entre deux conducteurs grâce à un matériau isolant (non conducteur d'électricité). L'isolation galvanique, quant à elle, empêche deux circuits électriques couplés mais non connectés électriquement de se perturber mutuellement.

**En informatique :** on emploie également le mot isolation pour désigner la capacité d'un système de données à isoler les modifications d'une opération des autres opérations menées en simultané le temps qu'elle soit complétée.

### 4.8.1 Isolation thermique

L'isolation thermique désigne l'ensemble des techniques mises en œuvre pour limiter les transferts de chaleur entre un milieu chaud et un milieu froid. L'isolation thermique est utilisée dans nombreux domaines incluant notamment : le bâtiment (maintien d'une température de confort à l'intérieur des habitations), l'industrie, l'automobile, et le textile. [7]



Figure 1. 8 - Les bâtiments sont isolés par l'extérieur afin de limiter les ponts thermiques. [7]

Pour isoler une enveloppe, trois manières d'isolation sont disponibles. Il s'agit de L'isolation intérieure, l'isolation extérieure et celle répartie.

### **a) Isolation thermique par l'intérieure**

Consiste à isoler un bâtiment de l'intérieur en apposant un isolant Derrière une cloison maçonnerie ou une ossature, procédé le plus utilisé par les constructeurs à cause de sa facilité de mise en œuvre. On peut faire cette technique par plusieurs isolants comme la laine minérale qui est une solution performante et économique. Cette technique est utilisée pour des travaux de rénovation, renforcement de l'isolement inconvénient est qu'il annule l'inertie thermique de la paroi isolée et n'évite pas les ponts thermiques sur la maçonnerie réduire l'espace de vie.



**Figure 1. 9 - l'isolation intérieur.**

### **b) Isolation thermique par l'extérieur**

Consiste à installer l'isolant sur la surface extérieur les toits, les combles et les murs. Ce souvent la solution la plus couteuse mais aussi la plus performante. Elle constitue la meilleure isolation pour le confort d'été et d'hiver car elle permet de conserver l'inertie thermique forte des murs intérieurs et supprime les ponts thermiques.

Un bon isolant est évidemment un mauvais conducteur de la chaleur Les matériaux les moins chers sont la laine de verre et la laine de roche Par contre, les matériaux sous forme de panneaux isolants sous vide (PIV) et le verre cellulaire sont plus onéreux En générale les matériaux les plus légers sont de meilleurs isolants plus le matériau est dense, plus les atomes sont proches les uns des autres, ce qui signifie que le transfert d'énergie d'un atome à un autre est plus facile.

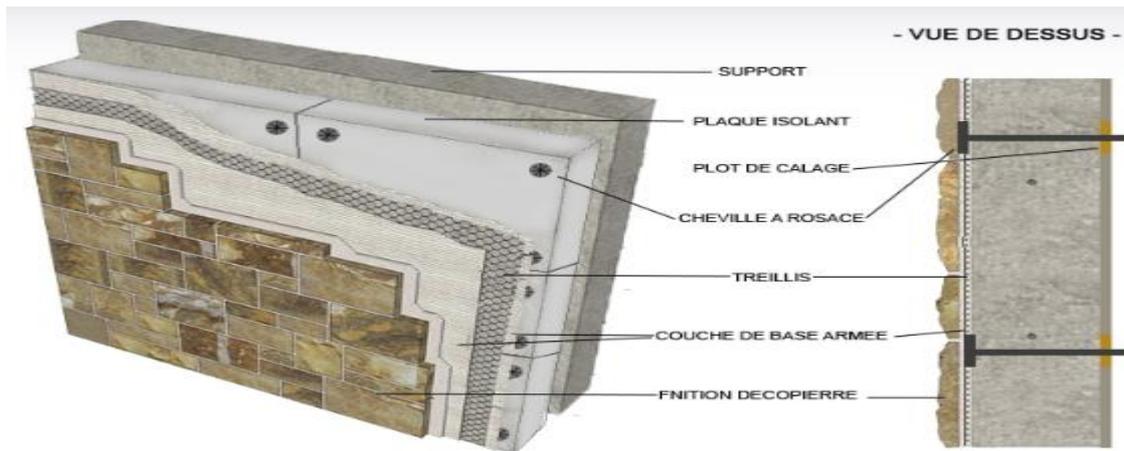


Figure 1.10 - Isolation extérieur.

### c) Isolation thermique par répartie

L'isolation des murs intégrés c'est dans leur épaisseur est la meilleure solution pour réaliser des travaux d'isolation au moyen d'un seul produit. C'est pour cette raison que la technique des murs dans leur épaisseur est la seule idée consacrée aux nouvelles constructions. Et comme cette solution est facile et plus rapide à mettre en place, elle fait gagner du temps à la pose et permet d'économiser sur la main d'œuvre. Comme elle ne nécessite pas d'un doublage de mur, elle permet d'économiser en matériaux isolants et reste une solution de construction durable puisque l'isolant n'est pas exposé aux agressions externes, Parmi ses autres avantages, elle permet de limiter les risques de ponts thermiques.

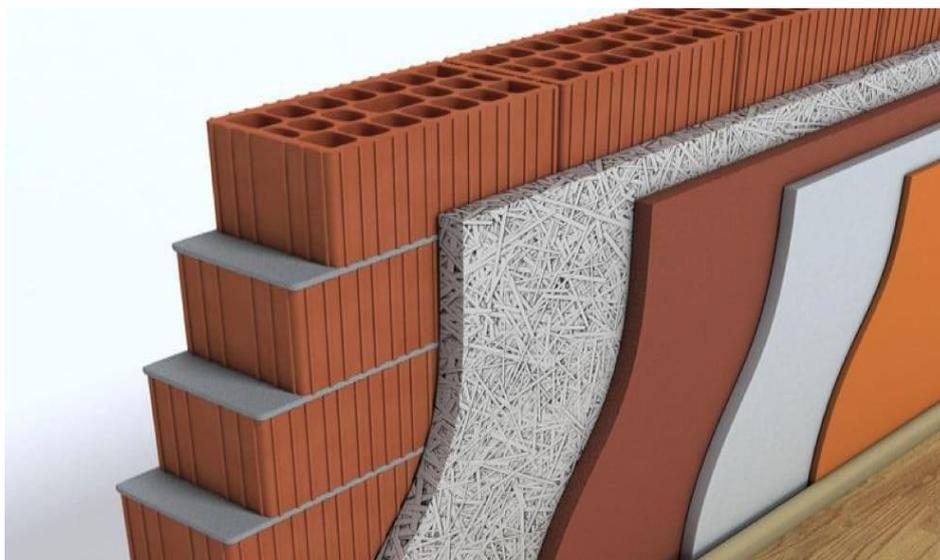


Figure 1.11 - Isolation répartie.

## **1.7 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons passé en revue les éléments de base et les notions liées au transfert de chaleur.

L'ensemble des parties d'un bâtiment est soumis aux transferts thermiques. La connaissance et la maîtrise de ses notions permettent d'évaluer les déperditions et connaître les besoins énergétiques nécessaire pour assurer un confort thermique dans notre bâtiment. Ceci fera l'objet du chapitre suivant.

**CHAPITRE 2. DETERMINATION DES DEPERDITIONS  
CALORIFIQUE**

## 2.1 Introduction

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

## 2.2 Présentation du projet

Il s'agit d'une maison individuelle d'une superficie et de 141,27 m<sup>2</sup>, située à Bouhannak dans la commune de Mansourah wilaya de Tlemcen et dont les coordonnées géographiques sont les suivantes :

Latitude 34°23' N.

Longitude 1°18'E.

Les murs extérieurs sont en double cloison de brique, les planches sont réalisées en poutrelles et hourdis avec le revêtement des sols est en carrelage. Les fenêtres sont en PVC double vitrage et les portes intérieure en bois et l'extérieure en métal. Cette maison comprend un RDC constitué Hall d'entrée, une chambre, séjour, W.C, Hammam, Garage, une cour et une cage d'escalier menant au 1er étage qui est constitué de 03 chambres, séjour, grand Hall, cuisine et une cour, W.C, SDB, et une cage d'escalier menant à la terrasse.

### 2.2.1 Données architecturales de la maison

Tableau 2. 1 - Les données de la maison.

<b>Hauteur totale de la maison</b>	6,06 m
<b>Hauteur de RDC</b>	3,20 m
<b>Hauteur de 1<sup>er</sup> étage</b>	2,86 m
<b>La superficie de RDC</b>	141,27 m <sup>2</sup>
<b>La superficie de 1<sup>er</sup> étage</b>	159,76 m <sup>2</sup>
<b>Volume de RDC</b>	452,06 m <sup>3</sup>

Volume de 1 <sup>er</sup> étage	456,91 m <sup>3</sup>
Volume de la maison	908,98 m <sup>3</sup>

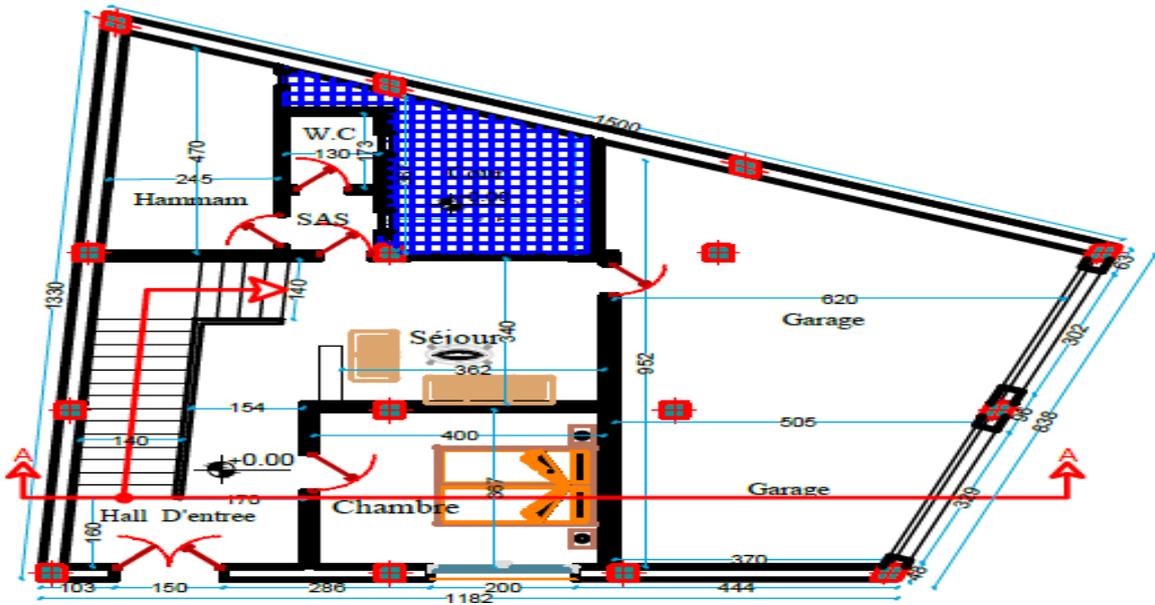


Figure 2. 1 - Plan de RDC.

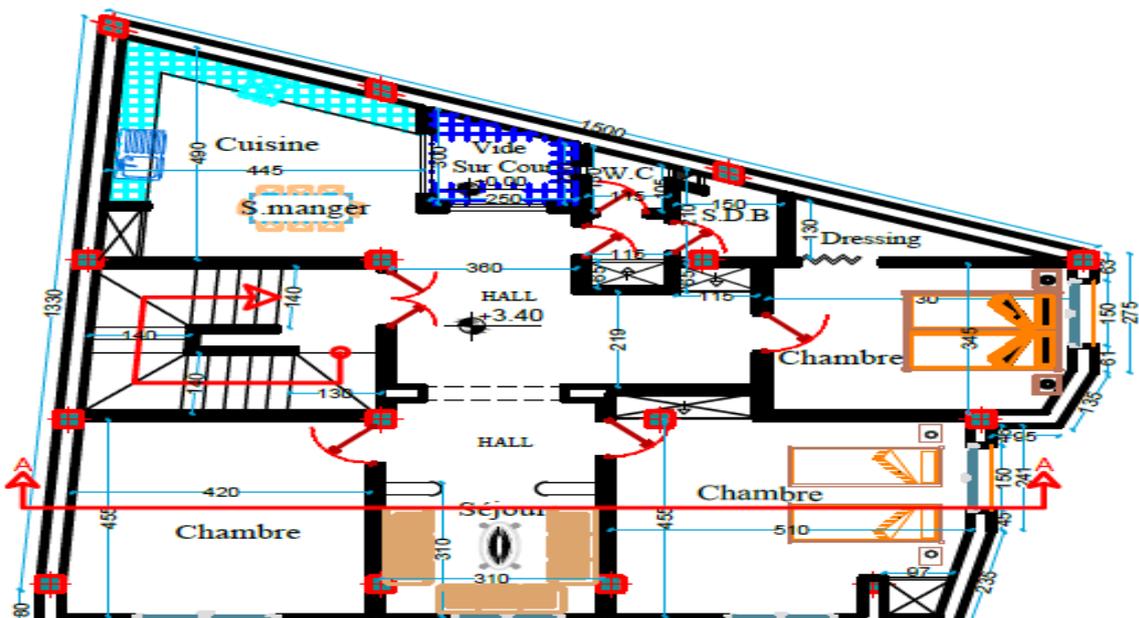


Figure 2. 2 - Plan de 1er étage.

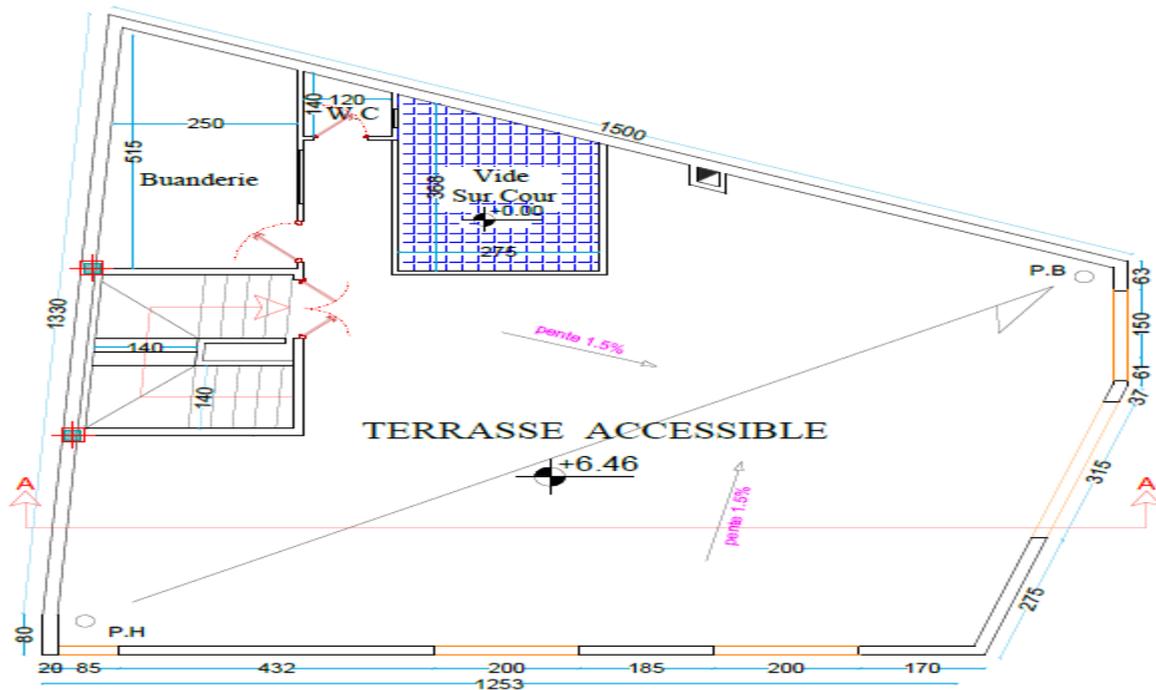


Figure 2.3 - Plan de terrasse.

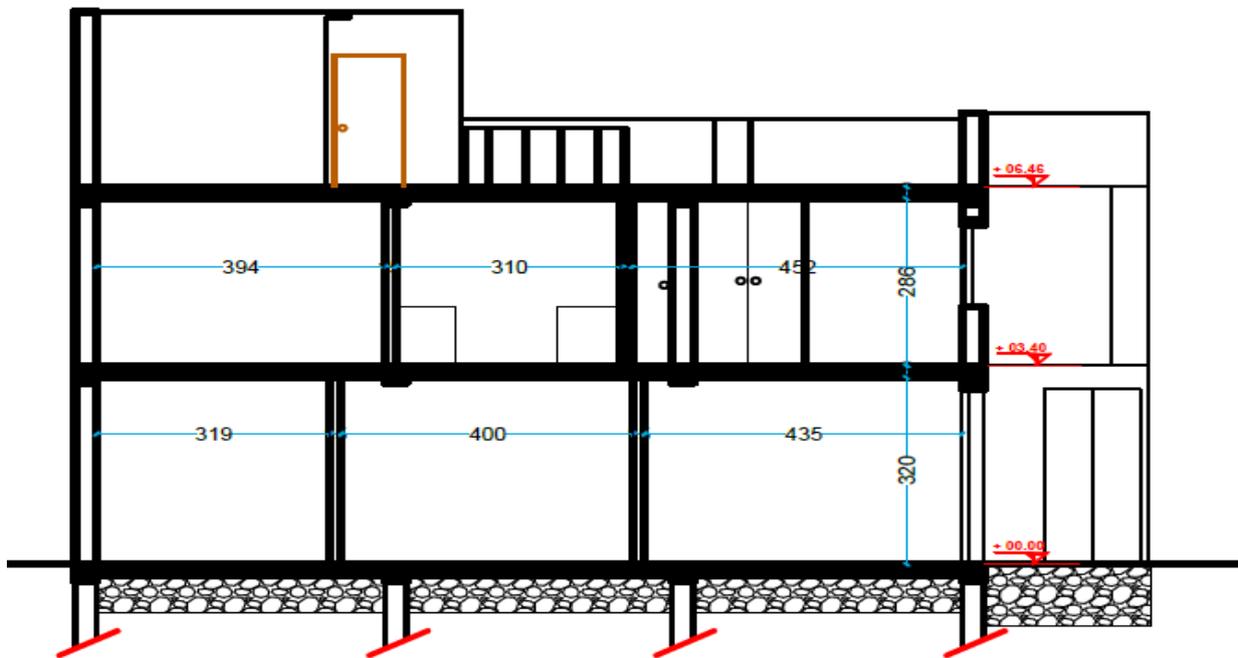


Figure 2.3 - Coupe A-A.



Figure 2. 4 - Plan d'une maison en 3D.



Figure 2. 5 - Vue de façade de la Maison.

Cette habitation classée en zone climatique B et groupe de communes 3, (selon le D.T.R.C 3-2).

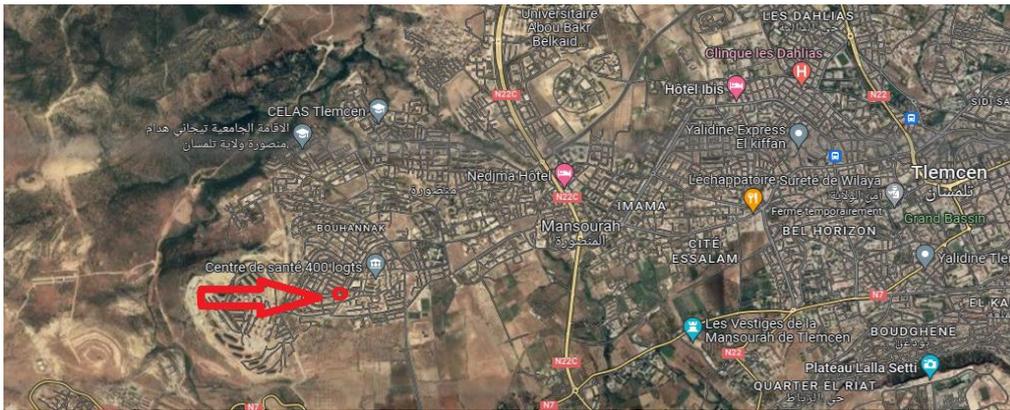


Figure 2. 6 - Plan de situation.



Figure 2. 7 - Plan de masse Ech : 1 /200.

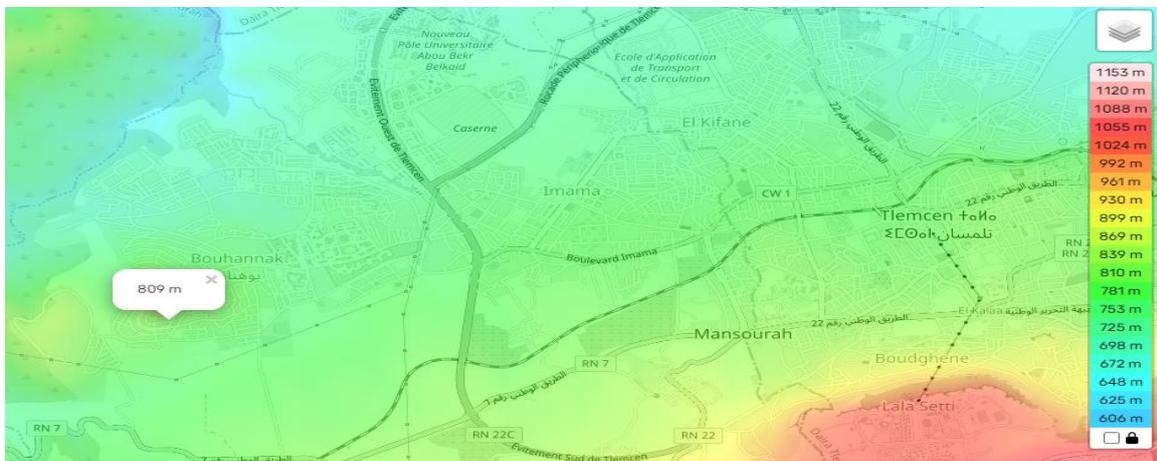


Figure 2. 8 - Carte topographique Tlemcen afficher l'altitude.

## 2.3 Description de la structure

Cette maison à deux façades, une principale, là où se trouve l'entrée principale, et l'autre façade latérale. Les murs utilisés dans l'enveloppe sont un seul type en brique :

- Un mur d'épaisseur de 30 cm (brique extérieure 15 cm, brique intérieure 10 cm et l'âme d'aire de 5cm).
- Mur 35 cm (brique extérieure 20 cm, brique intérieure 10 cm et l'âme d'aire de 5cm) – Mur 40 cm (brique extérieure 25 cm, brique intérieure 10 cm et l'âme d'aire de 5cm) et des murs cloison de 15cm.

## 2.4 Déperditions de la maison

### 2.4.1 Déperditions totales

Le calcul des déperditions par l'enveloppe de la maison est fait par la réglementation thermique algérienne D.T.R C3.2. [8]

$$D = \Sigma Di \quad [W/^\circ C]$$

Où

$Di$  en ( $W/^\circ C$ ) représente les déperditions totales du volume  $i$ .

### 2.4.2 Déperditions totales d'un volume

Les déperditions totales  $Di$  d'un volume sont données par :

$$Di = (DT)i + (DR)i \quad [W/^\circ C] \quad (2.1)$$

Où

$(DT)i$  en ( $W/^\circ C$ ) représente les déperditions de transmission du volume  $i$ .

Et

$(DR)i$  en ( $W/^\circ C$ ) sont les déperditions par renouvellement d'air du volume.

### 2.4.3 Déperditions par transmission d'un volume

Les déperditions par transmission  $(DT)i$  d'un volume sont données par :

$$(DT)i = (Ds)i + (Dli)i + (Dsol)i + (Dln c)i \quad [W/^\circ C] \quad (2.2)$$

Dont :

- $(D_s)_i$  (en  $W/^\circ C$ ) représente les déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur.
- $(D_{li})_i$  (en  $W/^\circ C$ ) représente les déperditions à travers les liaisons.
- $(D_{sol})_i$  (en  $W/^\circ C$ ) représente les déperditions à travers les parois en contact avec le sol.
- $(D_{lnc})_i$  (en  $W/^\circ C$ ) représente les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés.

#### 2.4.4 Déperditions par renouvellement d'air

$$DR = 0.34 \times Q_s \times V_i + Q_v \quad [W/^\circ C] \quad (2.3)$$

Où :

- 0.34 est la chaleur volumique de l'air.
- $Q_v$  est le débit de ventilation (on ne l'a pas dans notre cas étudié).
- $Q_s$  est le débit d'infiltration d'air.
- $V_i$  est le volume thermique du locale à chauffer.

Tableau 2.2 pour le calcul des débits de renouvellement  $Q_s$  :

Tableau 2. 2 - Tableau pour le calcul des débits de renouvellement.

Volume du local ( $m^3$ )	Renouvellement d'air par heure
$0 < v < 100$	1. V/heure
$100 < v < 500$	0,75. V/heure
$500 < v < 1000$	0,5. V/heure

## 2.5 Vérification et les déperditions de référence

### 2.5.1 Vérification réglementaire

Les déperditions par transmission  $D_T$  de la maison doit être vérifiées :

$$DT \leq 1.05 \times Dréf \quad [W/^\circ C] \quad (2.4)$$

- $D_T$  représente les déperditions par transmission de la maison.
- $D_R$  représente les déperditions de référence.

### 2.5.2 Calcul des déperditions de référence

La formule des déperditions de référence  $Dréf$  est :

$$Dréf = a \times S1 + b \times S2 + c \times S3 + d \times S4 + e \times S5 \quad [W/^\circ C] \quad (2.5)$$

Où : Les  $S$  représentent les surfaces des parois concernant respectivement :

- La toiture.
- Le plancher bas.
- Les murs.
- Les portes et les fenêtres.

Les coefficients  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  et  $e$  sont des coefficients de transmission prisent de ce tableau :

Tableau 2. 3 - Coefficients de déperditions de référence.

Zone	Logement Individuel				
	a	b	b	d	e
A	1.10	2.40	1.40	3.5	4.50
B	1.10	2.40	1.20	3.50	4.50
B'	1.10	2.40	1.20	3.50	4.50
C	1.10	2.40	1.20	3.50	4.50
D	2.40	3.40	1.40	3.50	4.50

## 2.6 Déperditions de Base

Le calcul de la puissance de chauffage d'un logement doit comporter le calcul des déperditions de base.

Les déperdition de base pour un volume thermique ( DB) ont pour expression:

$$DB = Di \times (t_{bi} - t_{be}) \quad [W] \quad (2.6)$$

- $Di$ (enW/°C) représente les déperditions totales du volume thermique  $Di=DT+DR$  ;
- $t_{bi}$ (en °C) est la température intérieure de base du volume considéré;
- $t_{be}$ (en °C) est la température extérieure de base du lieu d'implantation de la construction ;

### 2.6.1 Température intérieure de base

C'est la température de l'air que l'on désire obtenir au centre de la pièce en absence de tout apport de chaleur autre que celui fourni par l'installation de chauffage. On prendra :

$$T_{bi} = 21^{\circ}\text{C}$$

### 2.6.2 Température extérieure de base

C'est une température telle que les températures minimales quotidiennes ne lui sont inférieure que cinq jours par ans. On prendra :

$$t_{be} = 1^{\circ}\text{C}$$

Elle est en fonction de l'altitude et de la zone climatique où est implanté le projet, et Présenté dans le tableau suivant :

Tableau 2. 4 - Fixe les valeurs de la température extérieure de base.

ZONE	Altitude (m)	$t_{be}$ (en °C)	ZONE	Altitude (m)	$t_{be}$ (en °C)
A	< 300	6	C	500 à 1000 ≥ 1000	- 2 - 4
	300 à 500	3			
	500 à 1000	1			
	≥ 1000	-1			
B	< 500	2	D	< 1000 ≥ 1000	5 4
	500 à 1000	1			
	≥ 1000	-1			
B'	<500 ≥ 500	0 voir Zone B	D'	< 1000	5

### 2.6.3 Coefficient de déperdition globale (G) (méthode RT2012)

La réglementation thermique 2012 permet d'optimiser les ressources énergétiques de votre logement afin de diminuer votre consommation annuelle en énergie (chauffage, climatisation...) Le

G est le coefficient de déperdition volumique du bâtiment, il s'exprime en Watt par mètre cube et par degré. Ce coefficient est actuellement remplacé par le coefficient Ubat, mais le calcul par le coefficient G reste néanmoins pratique d'utilisation, mais d'une fiabilité relative.

G : coefficient de déperdition globale (W/m<sup>3</sup>.°C)

- 0,65 W/°C m<sup>3</sup> isolation norme RT 2005
- 0,75 W/°C m<sup>3</sup> isolation norme RT 2000
- 0,9 W/°C m<sup>3</sup> constructions après 1980
- 1,2 W/°C m<sup>3</sup> constructions moyennement isolées
- 1,8 W/°C m<sup>3</sup> constructions non isolées

V : volume du bâtiment (m<sup>3</sup>)

ΔT: différence de température entre l'intérieur ( 19 ou 20°), et l'extérieur (Température de base hiver du lieu d'habitation).

Le coefficient de déperdition globale représente un critère très important pour estimer les déperditions d'un local, généralement il est compris entre 0,85 < G < 2,5

- Pour G < 0,85 les déperditions sont trop faibles => l'habitat est bien isolé.
- Pour G > 2,5 les déperditions sont trop importantes il faut revoir les matériaux de construction.

$$G = \frac{D_i}{V_i} \quad [W/m^3 \cdot ^\circ C] \quad (2.7)$$

- D<sub>i</sub> : (en W/°C) représente les déperditions totales du volume thermique D<sub>i</sub>=D<sub>T</sub>+D<sub>R</sub> ;
- V<sub>i</sub> : est le volume thermique du locale à chauffer ;

## 2.7 Les déperditions surfaciques par transmission de la maison

Donc les déperditions surfaciques par l'enveloppe de la maison sont calculées comme suit :

$$D_s = D_m + D_p + D_t + D_f + D_{po} \quad [W/^\circ C] \quad (2.8)$$

Où :

- D<sub>s</sub> : La déperdition totale coté extérieur.
- D<sub>m</sub> : Déperdition par le mur extérieur.

- $D_p$  : Déperditions par le plancher.
- $D_t$  : Déperditions par la toiture.
- $D_f$  : Déperditions par les fenêtres.
- $D_{po}$  : Déperditions par les portes.

## 2.8 Déperditions à travers les ponts thermiques

Les déperditions par ponts thermiques pour tout le logement peuvent être évaluées à 20% des pertes surfaciques par transmission à travers les parois du logement, soit :

$$D_{li} = 0.20 \times D_s \quad [W/^\circ C] \quad (2.9)$$

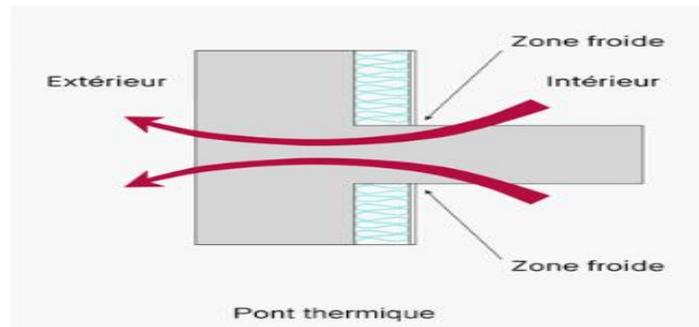


Figure 2. 9 - traitement d'un pont thermique.

## 2.9 Coefficients de transmission surfacique (K)

Le coefficient de transmission surfacique est déterminé pour le mur, le sol, le toit de chaque étage, plus le coefficient de transfert de chaleur de la porte et de la fenêtre.

Ce coefficient est calculé par la formule :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\sum R_{th} + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/W] \quad (2.10)$$

Où :

- $R_{th}$  : (en  $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ) représente la somme des résistance thermique des différentes couches de matériaux constituant la paroi .

- La somme  $\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$  (en  $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ) représente la somme des coefficient d'échange superficiel, prise conformément aux convention adoptées .

## 2.9.1 Résistance thermique d'un matériau

Elle est donnée par la formule suivante :

$$R_i = \frac{e_i}{\lambda_i} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/W]$$

Où :

- $R_i$  (en  $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ) représente la résistance thermique de la couche  $i$  .
- $e_i$  (en m) représente l'épaisseur de la couche de matériau.
- $\lambda_i$  (en  $W/m \cdot ^\circ C$ ) représente la conductivité thermique du matériau.

## 2.9.2 Calcul des résistances thermiques

### 2.9.2.1 Mur extérieur

Il est constitué de cinq couches de l'intérieur vers l'extérieur comme suit :

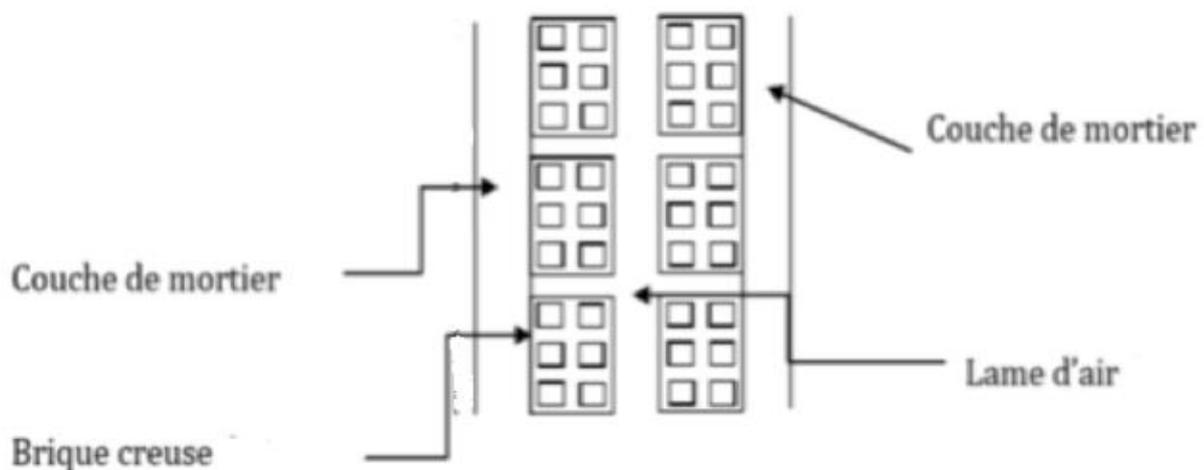


Figure 2. 10 - Mur double parois en brique avec une lame d'air.

Tableau 2. 5 - Caractéristiques du mur en maçonnerie 30cm.

Matériaux	Epaisseur (m)	$\lambda$ [W/m.C°]	$R_{th}$ [m <sup>2</sup> .C°/W]
Mortier du ciment	0.02	1.4	0.014
Brique creuse int	0.10	0.50	0.20
Lame d'air	0.05	/	0.16
Brique creuse ext	0.15	0.50	0.30
Mortier du ciment	0.02	1.4	0.014
			$\Sigma R_{th}=0,688$

Tableau 2. 6 - Les caractéristiques du mur en maçonnerie 35cm.

Matériaux	Epaisseur (m)	$\lambda$ [W/m.C°]	$R_{th}$ [m <sup>2</sup> .C°/W]
Mortier du ciment	0.02	1.4	0.014
Brique creuse int	0.10	0.50	0.20
Lame d'air	0.05	/	0.16
Brique creuse ext	0.20	0.51	0.39
Mortier du ciment	0.02	1.4	0.014
			$\Sigma R_{th}=0,778$

Tableau 2. 7 - Caractéristiques du mur en maçonnerie 40cm.

Matériaux	Epaisseur (m)	$\lambda$ [W/m.C°]	$R_{th}$ [m <sup>2</sup> .C°/W]
Mortier du ciment	0.02	1.4	0.014
Brique creuse int	0.10	0.50	0.20
Lame d'air	0.05	/	0.16
Brique creuse ext	0.25	0.55	0.45
Mortier du ciment	0.02	1.4	0.014
			$\Sigma R_{th}=0,838$

### 2.9.2.2 Mur intérieur

Il est constitué de trois couches de l'intérieur vers l'extérieur comme suit :

Tableau 2. 8 - Caractéristiques du mur en maçonnerie de 15cm d'épaisseur.

Matériaux	Epaisseur (m)	$\lambda$ [W/m.C°]	$R_{th}$ [m <sup>2</sup> .C°/W]
Mortier du ciment	0.02	1.4	0.014
Brique creuse	0.15	0.50	0.30
Mortier de ciment	0.02	1.4	0.014
			$\Sigma R_{th}=0,328$

### 2.9.2.3 Plancher

- Plancher bas RDC

Il est constitué de cinq couches du haut vers le bas comme suit :

Tableau 2. 9 - Caractéristiques de plancher bas (RDC).

Matériaux	Epaisseur (m)	$\lambda$ [W/m.C°]	R <sub>th</sub> [m <sup>2</sup> .C°/W]
Carrelage	0.02	0,54	0.037
Mortier de ciment	0.02	1.4	0.014
Béton	0.10	1,75	0.057
Polystyrène	0.02	0.042	0.48
Béton	0,10	1,75	0,057
			$\Sigma R_{th}=0,674$

- Plancher haut RDC

Elle est constituée de six couches du haut vers le bas comme suit :

Tableau 2. 10 - Caractéristiques de plancher haut (RDC).

Matériaux	Epaisseur (m)	$\lambda$ [W/m.C°]	R <sub>th</sub> [m <sup>2</sup> .C°/W]
Carrelage	0.02	0,54	0.037
Mortier de ciment	0.02	1,4	0.014
Forme de pont	0,03	1,75	0,017
Dalle de compression	0.04	1,75	0.023
Hourdis	0.16	1.1	0.14
Mortier de ciment	0.015	1,4	0.011
			$\Sigma R_{th}=0.242$

## 2.9.2.4 Toiture

- **Terrasse accessible**

Elle est constituée de six couches du haut vers le bas comme suit :

Tableau 2. 11 - Caractéristiques de terrasse accessible (1<sup>er</sup> étage).

Matériaux	Epaisseur (m)	$\lambda$ [W/m.C°]	$R_{th}$ [m <sup>2</sup> .C°/W]
<b>Carrelage</b>	0.02	0,54	0.037
<b>Mortier de ciment</b>	0.02	1,4	0.014
<b>Forme de pont</b>	0,03	1,75	0,017
<b>Dalle de compression</b>	0.04	1,75	0.023
<b>Haurdis</b>	0.16	1.1	0.14
<b>Mortier de ciment</b>	0.015	1,4	0.011
			<b><math>\Sigma R_{th}=0.242</math></b>

- **Terrasse inaccessible**

Elle est constituée de six couches du haut vers le bas comme suit :

Tableau 2. 12 - Caractéristiques de terrasse inaccessible 1 er étage.

Matériaux	Epaisseur (m)	$\lambda$ [W/m.C°]	$R_{th}$ [m <sup>2</sup> .C°/W]
<b>Gravillon de protection</b>	<b>0.05</b>	<b>0.4</b>	<b>0.125</b>
<b>Bitume</b>	<b>0.02</b>	<b>0.23</b>	<b>0.087</b>
<b>Polystyrène</b>	<b>0.06</b>	<b>0,042</b>	<b>1,43</b>

<b>Dalle de compression</b>	<b>0.04</b>	<b>1.75</b>	<b>0.023</b>
<b>Plancher corps creux</b>	<b>0.16</b>	<b>1.14</b>	<b>0.140</b>
<b>Mortier de ciment</b>	<b>0.015</b>	<b>1,4</b>	<b>0.011</b>
			<b><math>\Sigma R_{th}=1,82</math></b>

## 2.10 Calcul du coefficient de transmission surfacique de la maison

### 2.10.1 Calcul du coefficient de transmission surfacique du mur extérieur ( $Km$ )

Tableau 2. 13 - Coefficients d'échanges superficiels.

	Paroi en contact avec :			Paroi en contact avec :		
	- l'extérieur, - un passage ouvert, - un local ouvert.			- un autre local, chauffé ou non chauffé, - un comble, un vide sanitaire.		
	1/h <sub>i</sub>	1/h <sub>e</sub>	1/h <sub>i</sub> + 1/h <sub>e</sub>	1/h <sub>i</sub>	1/h <sub>i</sub>	1/h <sub>i</sub> + 1/h <sub>i</sub>
Paroi verticale ou faisant avec le plan horizontal un angle supérieur à 60° (FIG)	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
Paroi horizontale ou faisant avec le plan horizontal un angle égal ou inférieur à 60°, flux ascendant (toiture) (FIG)	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
flux descendant (plancher bas) (FIG)	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

#### ➤ Pour le mur extérieur

D'après et l'équations (2.10) et le DTR C3.2 une paroi en contact avec l'extérieur + Mur latéral angle >60° on a :

$$R_i = \frac{1}{h_i} + R_e = \frac{1}{h_e} = 0,17 \quad [m^2 \cdot C^\circ/W]$$

- **Mur de 30 cm**

$$\frac{1}{k_m} = 0,688 + 0,17 = 0,858$$

Donc :

$$K_m = 1,165 [\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}]$$

- **Mur de 35 cm**

$$\frac{1}{k_m} = 0,778 + 0,17 = 0,948$$

Donc :

$$K_m = 1,054 [\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}]$$

- **Mur de 40 cm**

$$\frac{1}{k_m} = 0,838 + 0,17 = 1,008$$

Donc :

$$K_m = 0,992 [\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}]$$

## 2.10.2 Calcul du coefficient de transmission surfacique des cloisons (Kc)

➤ Pour le mur intérieur

Les coefficients d'échanges superficiels, La paroi en contact avec l'intérieur :

$$R_i = \frac{1}{h_i} + R_e = \frac{1}{h_e} = 0,17 \quad [\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}]$$

- **Mur de 15 cm**

$$\frac{1}{k_c} = 0,328 + 0,17 = 0,548$$

Donc :

$$K_c = 2,008[\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}]$$

### 2.10.3 Calcul du coefficient de transmission surfacique du plancher bas Rdc ( $K_{pb}$ )

Pour les coefficients d'échanges superficiels, flux descendant :

$$R_i = \frac{1}{h_i} + R_e = \frac{1}{h_e} = 0,22 \quad [\text{m}^2 \cdot \text{C}^\circ/\text{W}]$$

$$\frac{1}{k_{pb}} = 0,674 + 0,22 = 0,984$$

Donc :

$$K_{pb} = 1,12[\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}]$$

### 2.10.4 Calcul du coefficient de transmission surfacique de terrasse ( $K_t$ )

➤ Pour le Terrasse accessible

Pour les coefficients d'échanges superficiels, flux ascendant :

$$R_i = \frac{1}{h_i} + R_e = \frac{1}{h_e} = 0,14 \quad [\text{m}^2 \cdot \text{C}^\circ/\text{W}]$$

• RDC

$$\frac{1}{k_t} = 0,242 + 0,14 = 0,382$$

Donc :

$$K_t = 2,62[\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}]$$

- 1<sup>er</sup> étage

$$\frac{1}{k_t} = 0.242 + 0.14 = 0.382$$

Donc :

$$K_t = 2,62 [W/m^2 \cdot ^\circ C]$$

➤ Pour le Terrasse inaccessible

- Plancher cage d'escalier

$$\frac{1}{k_t} = 1,82 + 0.14 = 1,96$$

Donc :

$$K_t = 0,51 [W/m^2 \cdot ^\circ C]$$

## 2.10.5 Coefficient de transmission surfacique des fenêtres et les portes

Expression Général :

Le coefficient **K** des parois vitrées est donné par la formule suivante :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_{v_n}} + r_v + r_{rid} + r_{occ} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/W] \quad (2.11)$$

Où :

- $K_{v_n}$  (en  $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) représente le coefficient K du vitrage.
- $K_{r_v}$  (en  $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ) représente la résistance supplémentaire des voilages éventuels :

on adopte  $K_{r_v} = 0,025 \text{ m}^2 \cdot ^\circ C/W$ .

- $r_{rid}$  (en  $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ) représente la résistance supplémentaire des rideaux éventuels :

on adopte  $r_{rid} = 0,030 \text{ m}^2 \cdot ^\circ C/W$ .

- $r_{occ}$  (en  $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ) représente la résistance supplémentaire des occultations.

$$r_{occ} = 0,16 + e_{occ} / \lambda_{occ}$$

$$r_{occ} = 0,16 + (0,0015 / 0,06) = 0,185 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

Porte avec une proportion de vitrage < 30% donnant vers l'extérieur :

$$K = 4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}^\circ$$

Les coefficients K en (W/m<sup>2</sup>.°C) des portes et des fenêtrés sont donnés dans le tableau suivant :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{4} + 0,025 + 0,030 + 0,185$$

$$K = 2,04 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}^\circ$$

Portes et fenêtrés	K[w/m <sup>2</sup> .C°]
Les portes opaques en bois	3,5
Les portes opaques extérieures en métal	5,8
Porte de garage	4,5
Les fenêtrés double vitrage	2,04

Donc les déperditions surfaciques de la maison sont calculées comme suit :

### 1) RDC

Tableau 2. 14 - Déperditions de chambre.

	L(m)	H(m)	S(m <sup>2</sup> )	K (W/m <sup>2</sup> , °C)	Ds(W/°C)	Ds Total(W/°C)
Fenetre	2,00	1,50	3,00	2,15	6,45	34,55
Mur extérieure	4,00	3,20	9,80	1,19	11,66	
Plancher	4	3,67	14,68	1,12	16,44	

**Tableau 2. 15 - Déperditions du Hall d'entrée.**

	L(m)	H(m)	S(m <sup>2</sup> )	K (W/m <sup>2</sup> ,°C)	Ds(W/°C)	DsTotal(W/°C)
Porte	1,50	2,20	3,30	5,80	19,14	57,86
Mur extérieure	4,55	3,20	14,56	1,19	17,32	
Plancher	4,55	4,20	19,11	1,12	21,40	

**Tableau 2. 16 - Déperditions du Garage.**

	L(m)	H(m)	S(m <sup>2</sup> )	K (W/m <sup>2</sup> ,°C)	Ds(W/°C)	DsTotal(W/°C)
Mur extérieure	18,46	3,20	40,14	1,19	47,76	185,13
Plancher	/	/	46,60	1,12	52,19	
Porte garage	6,31	3	18,93	4,50	85,18	

**Tableau 2. 17 - Déperditions de hammam.**

	L(m)	H(m)	S(m <sup>2</sup> )	K (W/m <sup>2</sup> ,°C)	Ds(W/°C)	DsTotal(W/°C)
Fenetre	0,37	0,37	0,14	2,15	0,30	40,88
Mur extérieure	7,45	3,20	23,84	1,19	28,37	
Plancher	/	/	10,90	1,12	12,21	

**Tableau 2. 18 - Déperditions de WC + SAS.**

	L(m)	H(m)	S(m <sup>2</sup> )	K (W/m <sup>2</sup> ,°C)	Ds(W/°C)	DsTotal(W/°C)
Mur exterieur	4,40	3,20	13,58	1,19	16,16	21,21
Fenetre	0,50	0,50	0,25	2,15	0,54	
Plancher	3,10	1,30	4,03	1,12	4,51	

**Tableau 2. 19 - Déperditions de séjour.**

	L(m)	H(m)	S (m <sup>2</sup> )	K (W/m <sup>2</sup> , °C)	Ds(W/°C)	DsTotal(W/°C)
Porte vitrage comprise	2,27	2,00	4,54	4,00	18,16	44,90
Mur extérieur	3,40	3,20	10,88	1,19	12,95	
Plancher	3,40	3,62	12,31	1,12	13,79	

**2) 1<sup>er</sup> étage**

**Tableau 2. 20 - Déperditions de chambre 01.**

	L(m)	H(m)	S(m <sup>2</sup> )	K (W/m <sup>2</sup> , °C)	Ds(W/°C)	Ds Total(W/°C)
Fenetre	2,00	1,50	3,00	2,15	6,45	80,53
Mur extérieure	8,75	2,86	22,03	1,09	24,01	
Toiture	4,55	4,20	19,11	2,62	50,07	

**Tableau 2. 21 - Déperditions de chambre 02.**

	L(m)	H(m)	S(m <sup>2</sup> )	K (W/m <sup>2</sup> , °C)	Ds(W/°C)	Ds Total(W/°C)
Fenetre	1,50	1,20	3,60	2,15	7,74	87,17
Mur extérieure	9,66	2,86	20,43	0,992	20,27	
Toiture	/	/	22,58	2,62	59,16	

**Tableau 2. 22 - Déperditions de chambre 03 + Dressing.**

	L(m)	H(m)	S (m <sup>2</sup> )	K (W/m <sup>2</sup> , °C)	Ds(W/°C)	Ds Total(W/°C)
Fenetre	1,50	1,20	3,60	2,15	7,74	81,34
Mur extérieure	9,65	2,86	24	1,12	26,96	
Toiture			17,80	2,62	46,64	

**Tableau 2. 23 - Déperditions de séjour + Hall.**

	L(m)	H(m)	S (m <sup>2</sup> )	K (W/m <sup>2</sup> , °C)	Ds(W/°C)	DsTotal(W/°C)
Fenetre	1,50	1,20	3,60	2,15	7,74	53,88
Mur exterieur	3,10	2,86	5,27	1,05	5,53	
Toiture	5,00	3,10	15,50	2,62	40,61	

**Tableau 2. 24 - Déperditions de cuisine.**

	L(m)	H(m)	S(m <sup>2</sup> )	K(W/m <sup>2</sup> , °C)	Ds(W/°C)	DsTotal(W/°C)
Fenetre	1,50	2,00	3,00	2,15	6,45	84,26
Mur extérieure	12,56	2,86	30,97	1,09	27,87	
Toiture	/	/	19,06	2,62	49,94	

**Tableau 2. 25 - Déperditions de SDB.**

	L(m)	H(m)	S(m <sup>2</sup> )	K (W/m <sup>2</sup> , °C)	Ds(W/°C)	DsTotal(W/°C)
Mur exterieur	1,60	2,86	4,58	1,19	5,45	12,66
Toiture	/	/	2,75	2,62	7,21	

**Tableau 2. 26 - Déperditions de WC + SAS.**

	L(m)	H (m)	S(m <sup>2</sup> )	K (W/m <sup>2</sup> , °C)	Ds(W/°C)	DsTotal(W/°C)
Fenetre	0,30	0,30	0,09	2,15	0,19	16,54
Mur exterieur	2,75	2,86	7,86	1,19	9,35	
Toiture	/	/	2,67	2,62	7,00	

**Tableau 2. 27 - Déperditions de HALL.**

	L(m)	H(m)	S (m <sup>2</sup> )	K (W/m <sup>2</sup> ,°C)	Ds(W/°C)	DsTotal(W/°C)
Fenetre	1,50	2,00	3,00	2,15	6,45	60,74
Mur extérieure	2,50	2,86	4,15	2,01	8,34	
Toiture	/	/	16,54	2,62	45,95	

**Tableau 2. 28 - Déperditions des Escalier.**

	L(m)	H(m)	S (m <sup>2</sup> )	K (W/m <sup>2</sup> ,°C)	Ds(W/°C)	Ds Total(W/°C)
Porte	1,30	2,00	2,60	5,80	15,08	58,05
Mur extérieure	3,40	9,46	32,16	1,19	38,27	
Toiture	/	/	09,22	0,51	4,70	

Donc la somme totale des déperditions surfacique de la maison est la somme de toutes les pièces comme suit :

D'après l'équation (2.8) :

$$D_s = 919,7 \text{ W/ } C^\circ$$

➤ **Calcul des déperditions à travers les ponts thermiques**

D'après l'équation (2.9) :

$$D_{li}=183,94 \text{ W/C}^\circ$$

➤ **Calcul des déperditions par transmission**

On considère que toutes les pièces dans la maison sont chauffées, donc les déperditions thermiques à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés sont nulles :

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

D'après l'équation (2.2) :

$$D_T = 1103,64 \text{ W/C}^\circ$$

➤ **Vérification de conformité**

La maison étudiée est située dans la ville de Tlemcen, qui oscille 800 m au-dessous du niveau de la mer et est située dans la zone B.

Déperditions de référence sont calculées par l'équation (2.5). Pour la zone B Voici un tableau qui résume le calcul des déperditions de référence :

**Tableau 2. 29 - Déperditions de référence.**

	S(m <sup>2</sup> )	Coeff (W/m <sup>2</sup> ,°C)	<i>D<sub>réf</sub></i> (W/°C)	<i>D<sub>réf</sub>Total</i> (W/°C)
Fenetre	23,28	4,5	105,76	1053,86
Porte	29,37	3,5	102,79	
Mur ext	305,49	1,2	366,59	
Plancher	136,81	2,4	323,34	
Toiture	141,26	1,10	155,38	

Et :

$$D_{réf}=1053,86(W/°C)$$

On vérifie maintenant les déperditions de référence avec les déperditions de transmission surfaciques :

$$D_T < 1,05 * 1053,86 = 1106,55 (W/°C)$$

Donc :

$$D_T < 1.05 D_{réf}.$$

✓ **Les calculs sont vérifiés.**

➤ **Calcul des déperditions par renouvellement d'air**

D'après l'équation (2.3) :

$$D_R = 154,53 W/C°$$

➤ **Calcul des déperditions globale**

AN :

$$G = 1258,17 / 908,98$$

$$G = 1,38 [W/m^3.°C]$$

✓ **Habitation moyennement isolée.**

## **2.11 Conclusion**

Ce chapitre on a effectué les calculs des différent Déperditions de la maison en se basant sur le DTR C3.2.

Tout d'abord, les déperditions de chaleur ont été estimées, ce qui a permis de vérifier la conformité à la réglementation ; Après cela, un calcul des pertes thermiques de base a été effectué en tenant compte du site du projet (conditions de base de la zone B).

## CHAPITRE 3. DETERMINATION DES BESOINS DE CHAUFFAGE

## 3.1 Introduction

Ce chapitre a pour objectif de faire une étude des performances énergétiques d'une installation de chauffage d'un bâtiment dont le but de maintenir une température de confort acceptable. La présente étude se concentre sur le calcul des besoins de chauffages mensuels en utilisant la méthode de degrés des jours.

- La demande de chauffage est plus importante lorsqu'on augmente la température de confort.
- Les apports internes ont un impact sur la consommation énergétique, ils diminuent clairement la demande en chauffage.

## 3.2 Détermination des besoins de chauffage

Nous avons supposé que l'appartement est habité par cinq personnes, ce qui représente la moyenne rencontrés dans notre région. la puissance dissipée par personne est estimé à 120W. [11]

### 3.2.1 Calcul du coefficient de déperdition thermique $G_v$

Ce coefficient est appelé le coefficient des déperditions thermiques, caractérise les déperditions thermiques  $Q_{th}$  du logement. Il est calculé à partir de l'équation suivante :

$$Q_{th} = (T_i - T_a) \times G_v = [DT + (0.34 \times Q_v)](T_i - T_a) \quad [W] \quad (3.1)$$

- $T_i$  : la température de confort égale à 20 C°
- $T_a$  : la température ambiante.

Par définition  $G_v$  est le coefficient de déperdition thermique.

D'où :

$$G_v = D_T + D_R$$

$$G_v = D_i$$

### 3.2.2 Calcul du coefficient des besoins thermique $Bv$

Le coefficient des besoins thermiques  $Bv$  se déduit du coefficient de déperdition thermique  $Gv$  en prenant compte les apports énergétiques dus aux occupants de l'habitation, aux appareils domestiques et aux apports solaires par les fenêtres. Il est exprimé en  $W/C^\circ$ .

Soient  $Q_i$  les apports internes à la maison. On définit une température  $T_{sc}$  dite température sans chauffage, correspondante à la température extérieure à partir de laquelle il n'y a plus besoin de chauffage pour maintenir à la température intérieure de l'habitation  $T_i$ .

$$Q_i = Gv(T_i - T_{sc}) \quad [W] \quad (3.2)$$

Donc les besoins énergétiques réels sont donnés par :

$$Q_c = Q_{th} - Q_i = Bv(T_i - T_a) \quad [W] \quad (3.3)$$

Ou encore :

$$Bv(T_i - T_a) = Gv(T_i - T_a) - Gv(T_i - T_{sc}) \quad [W] \quad (3.4)$$

On obtient :

$$Bv = Gv(1 - F) \quad [W/C^\circ] \quad (3.5)$$

Avec :

$$F = \frac{T_i - T_{sc}}{T_i - T_a}$$

F : facteur des apports gratuits

Ce dernier facteur dépend de nombreux paramètres tels que :

- Le nombre d'occupants du logement.
- Le mode de vie (température de confort, éclairage, appareil électrique)
- La situation géographique (ensoleillement, température extérieure)
- La construction de la maison (orientation par rapport au sud, dimensions, isolation)

### 3.3 Méthode des degrés de jours

Elle permet de calculer les besoins en chauffage d'une habitation, à un instant donné. La puissance thermique effective nécessaire pour maintenir à la température intérieure de l'habitation s'écrit : [12]

$$q_c = Gv(T_{sc} - T_a) \quad [W] \quad (3.6)$$

La détermination de l'énergie à fournir au logement durant une période  $\Delta t$  s'écrit :

$$Q_c = \int Gv(T_{sc} - T_a)dt \quad [W] \quad (3.7)$$

Appelons nombre de degré jour la quantité suivante :

$$ndj = \int (T_{sc} - T_a)dt \quad [C^\circ] \quad (3.8)$$

Le terme  $dt$  de l'intégrale correspond au nombre de jours durant lesquels la température de l'air extérieure vaut  $T_a$  avec bien sûr  $T_a < T_{sc}$ . La définition de  $ndj$  implique que  $T_{sc}$  et  $T_a$  représentent des températures moyennes calculées sur la journée. Le nombre degrés-jours correspond donc au nombre de jour de chauffage multiplié par l'écart de température ( $T_{sc} - T_a$ ).

En considérant que le facteur  $Gv$  est constant sur la période étudiée, l'énergie à fournir pour le chauffage s'écrit :

$$q_c = Gv \times ndj \quad [W] \quad (3.9)$$

Pour obtenir  $Q_c$  en KWh, il faut diviser par  $10^3$  et multiplier par 24 le résultat, ce qui donne :

$$Q_c = 0.024 \times Gv \times ndj \quad [KWh] \quad (3.10)$$

### 3.3.1 Calcul du coefficient de déperditions thermique $Gv$

D'après l'équation (2.2) :

$$D_i = 1200,12 \text{ W/C}^\circ$$

On aura :

$$Gv = 1200,12 \text{ W/C}^\circ$$

### 3.3.2 Calcul des apports internes

On a supposé que l'appartement abrite cinq personnes ce qui donne les valeurs suivantes :

$$Q_i = 120 \times 5 + 450 = 1050 \text{ W}$$

Et par suite on va calculer la température  $T_{sc}$  à partir de l'équation (3.2).

$$T_{Sc} = T_i - \frac{Q_i}{G_v} = 20 - \frac{1050}{1200,12} = 19,12 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### 3.3.3 Calcul des degrés de jours

Les valeurs de  $T_a$  pour la ville de Tlemcen sont représentées dans le tableau ci-dessous :

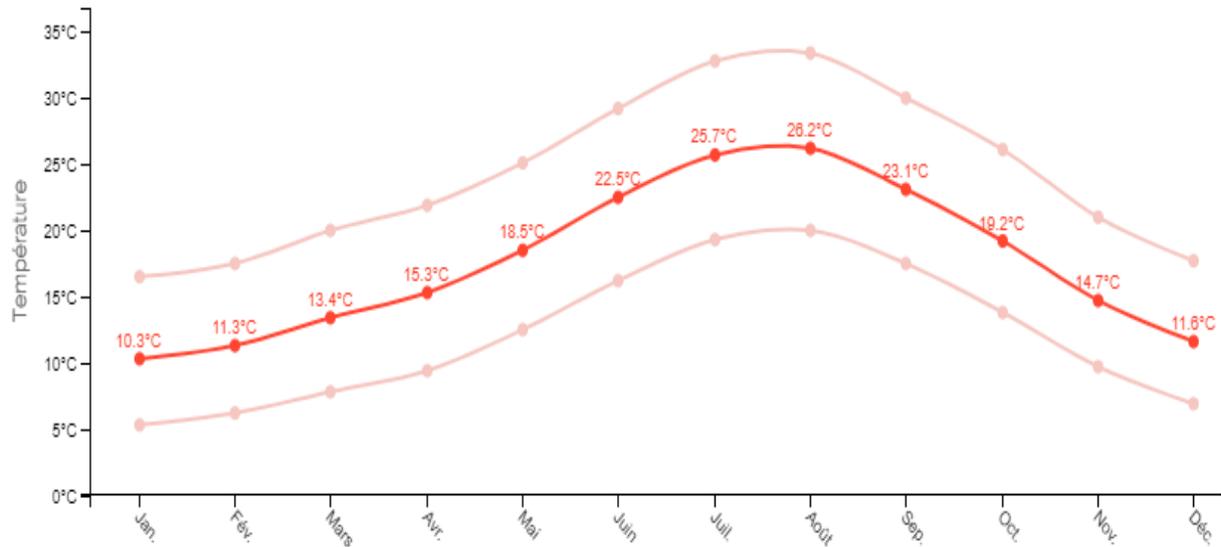


Figure 3. 1 - Températures moyennes mensuelles. [9]

En remplaçant la valeur  $T_{sc}$  dans l'équation (3.8) :

Tableau 3. 1 - Nombre des degrés de jours.

Mois	$T_a$	Nombre de jour	$T_{sc}-T_a$	ndj
Janvier	10,3	31	8.82	273,42
Février	11,3	28	7.82	218,96
Mars	13.4	31	5,72	177,32
Avril	15.3	30	3,82	114,6

<b>Mai</b>	18,5	31	-	0
<b>Juin</b>	22,5	30	-	0
<b>Juillet</b>	25,7	31	-	0
<b>Aout</b>	26,2	31	-	0
<b>Septembre</b>	23,1	30	-	0
<b>Octobre</b>	19,2	31	-	0
<b>Novembre</b>	14,7	30	4.42	132,6
<b>Décembre</b>	11,6	31	7.52	233,12

La figure (3-2) représente la distribution de fréquence des degrés de jours ndj à Tlemcen.

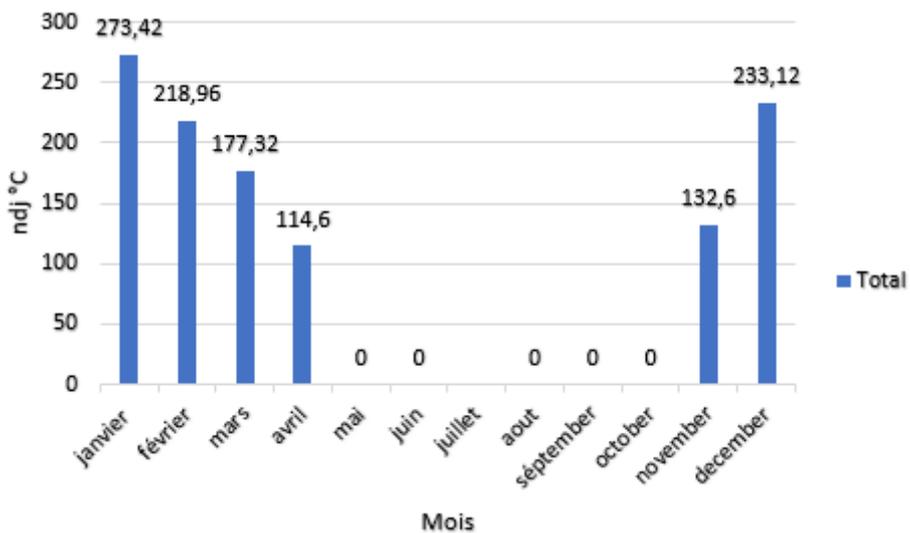


Figure 3. 2 - Nombre des degrés de jours (ndj) à Tlemcen.

### 3.4 Calcul des besoins en chauffage

Le calcul des besoins en chauffage pour chaque mois de la saison de chauffage :

À Tlemcen, la température moyenne du mois le plus froid (janvier) est de **11,1 °C**, celle du mois le plus chaud (août) est de **27,0 °C**.

Les valeurs de température moyenne pour la ville de Tlemcen sont représentées dans le Tableau ci-dessous :

Tableau 3. 2 - Températures extérieure moyenne annuelles. [10]

<b>Tlemcen - Températures moyennes (1991-2020)</b>			
<b>Mois</b>	<b>Min (°C)</b>	<b>Max (°C)</b>	<b>Moyenne (°C)</b>
<b>Janvier</b>	5	17	11,1
<b>Février</b>	6	18	11,9
<b>Mars</b>	8	20	14
<b>Avril</b>	10	22	15,9
<b>Mai</b>	13	26	19,2
<b>Juin</b>	16	30	23
<b>Juillet</b>	20	33	26,3
<b>Août</b>	20	34	27
<b>Septembre</b>	17	30	23,7
<b>Octobre</b>	14	26	20,1
<b>Novembre</b>	10	21	15,3
<b>Décembre</b>	7	18	12,3
<b>An</b>	12,1	24,6	18,3

D'après l'équation :

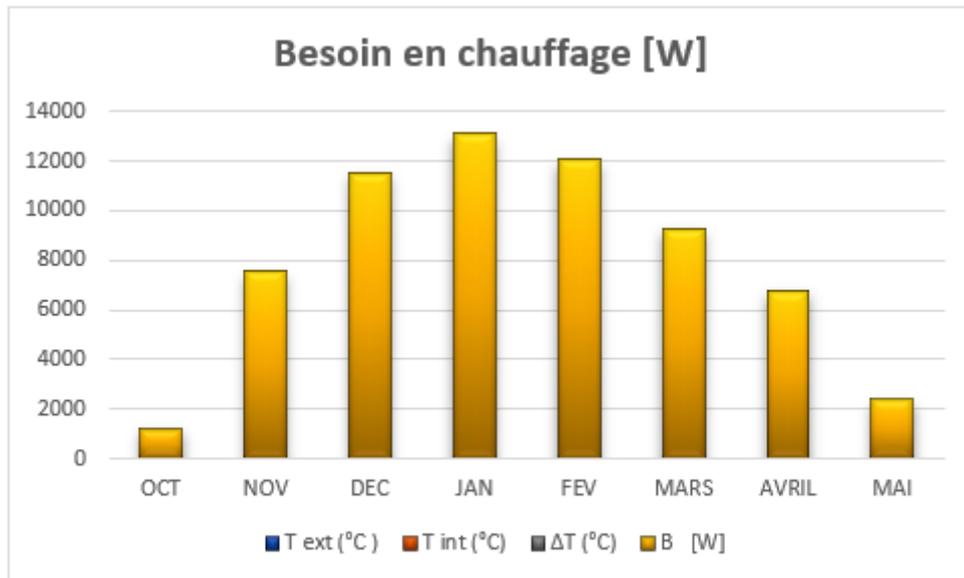
$$Q = [t_{bi} - t_{bc}] \times [[1 + \text{Max}(c_r; c_{in})DT] + [(1 + c_r) \times DR] \quad [W] \quad (3.11)$$

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

On aura :

Tableau 3. 3 - Besoins en chauffage pour chaque mois de la saison de chauffage.

	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEC</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MARS</b>	<b>AVRIL</b>	<b>Mai</b>
<b>T ext(°C)</b>	20,1	15,3	12,3	11,1	11,9	14	15,9	19,2
<b>T int(°C)</b>	21	21	21	21	21	21	21	21
<b>ΔT (°C)</b>	0,9	5,7	8,7	9,9	9,1	7	5,1	1,8
<b>Q(W)</b>	1188,1	7524,7	11485,1	13069,3	12013,2	9240,92	6732,67	2376,24



**Figure 3.3 - Besoins énergétiques maximums de chauffage.**

Les besoins énergétiques maximums pour le chauffage qui atteint la valeur de 13069,31KWh durant le mois de Janvier où la température ambiante est basse  $T_a=11,1C^\circ$  par contre le besoin de chauffage est faible durant le mois Octobre, il est de 1188,12KWh où la température ambiante est de  $T_a=20,1C^\circ$  et pour les mois de Mai jusqu'à octobre le besoin de chauffage est nul.

On remarque ici que la consommation de chauffage est importante durant le mois de janvier donc pour assurer le confort d'hiver il faudra équiper notre maison d'un chauffage qui fournira au moins une puissance de 14000 W.

### 3.5 Conclusion

La détermination des besoins de chauffage est une étape essentielle dans la conception d'un système de chauffage adapté à un bâtiment donné, qui permet d'assurer un confort thermique optimal tout en minimisant les coûts énergétiques et en préservant l'environnement.

**CHAPITRE 4. DETERMINATION DES INSTALLATIONS DE  
CHAUFFAGE**

## **4.1 Introduction**

Le dimensionnement des installations de chauffage est une étape cruciale dans la conception d'un système de chauffage efficace et économique. Il consiste à déterminer la puissance de chauffage nécessaire pour maintenir une température confortable à l'intérieur d'un bâtiment, en fonction de divers facteurs tels que la superficie, l'isolement, l'orientation, la température extérieure, le type d'occupation.

Le dimensionnement doit être effectué avec soin afin d'assurer que le système de chauffage sera suffisamment puissant pour répondre aux besoins de chauffage du bâtiment tout en étant suffisamment pour minimiser les coûts d'énergie efficaces.

## **4.2 Systèmes de chauffage**

### **4.2.1 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 intelligent

### **4.2.2 Chauffage central**

Le chauffage central désigne le mode de chauffage par lequel un ensemble de pièces est chauffé au même temps ; cela, à partir d'un seul générateur de chaleur appelé chaudière. La chaleur acheminée au moyen d'un fluide caloporteur (eau chaude) dans des tuyaux vers les corps de chauffe situés dans les différents locaux. [20]

- **Avantages du chauffage central**
  - Coût d'investissement faible.
  - Pollution atmosphérique réduite.
  - Un excellent rendement énergétique.

### 4.2.3 Chauffage collectif

Le chauffage collectif est un système écologique produisant de la chaleur de manière centralisée. Cette dernière est ensuite distribuée dans un rayon déterminé en vue de garantir l'approvisionnement en chauffage et en eau chaude sanitaire à tout type d'utilisation. [20]

- **Avantages chauffage collectif**

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

## 4.3 Types d'installations de chauffage

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

### 4.3.1 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, NO<sub>2</sub>), il est donc indispensable de les évacuer hors logement. Les gaz de combustible sont directement rejetés dans la pièce. [17]

### 4.3.2 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 ;

### **4.3.3 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.

## **4.4 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 :

### **4.4.1 Type de chaudière**

#### **4.4.1.1 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.



**Figure 4. 2 - Chaudière au sol. [21]**

### 4.4.1.2 Chaudières murales

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



Figure 4. 3 - Chaudière murale. [22]

## 4.5 Système chauffage

### 4.5.1 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. [20]

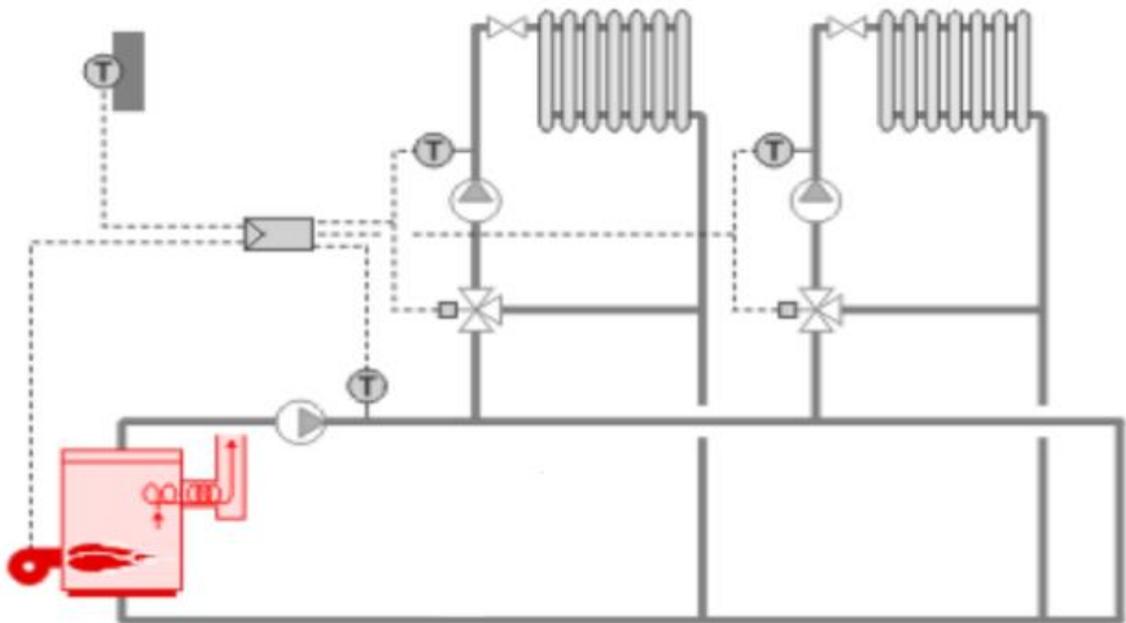


Figure 4. 4 - schéma d'une chaudière. [15]

## 4.5.2 Les tuyaux

La Tuyauterie a pour fonction de transporter l'eau chaude les corps de chauffe et de ramener l'eau refroidie la chaudière.

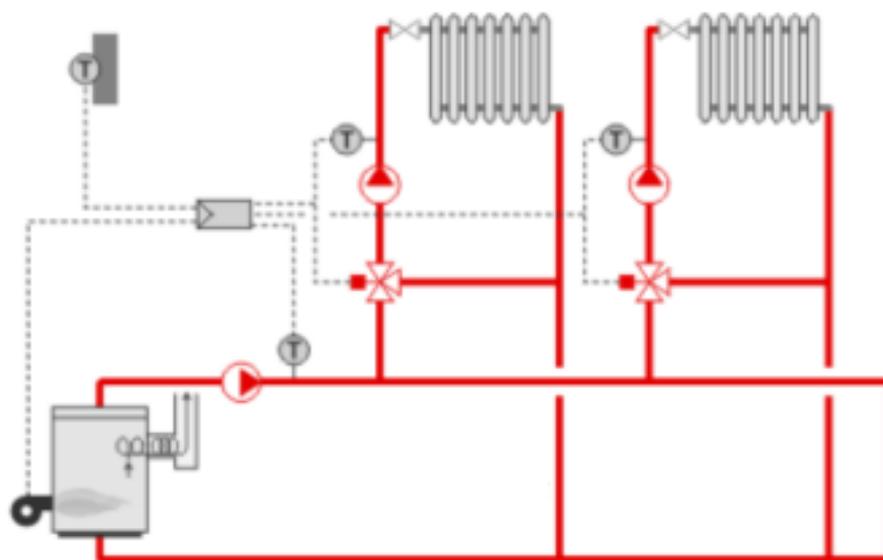


Figure 4. 5 - Les Tuyauteries. [15]

### 4.5.2.1 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, fiable. Le PER coûte moins cher que le cuivre, il est rapide et simple à mettre en œuvre. Les canalisations en PER sont flexibles et permettent de réaliser des angles à 90°C sans raccords soudés. Les inconvénients de PER est très sensible à la dilatation. [24]



Figure 4. 6 - Tuyau PER. (htt11) [24]

### 4.5.2.2 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, fiable, ... et esthétique. Son inconvénient est sa mise en œuvre est une affaire de professionnels. A voir le bon matériel ne suffit pas, il faut toujours de l'habileté.



**Figure 4. 7 - Tuyau en cuivre.**

### **4.5.2.3 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. [25]



**Figure 4. 8 - Tuyau en l'acier noir. [25]**

#### 4.5.2.4 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 Randon, un matériau neutre qui résiste fabuleusement bien aux attaques des agents corrosifs. Il existe deux types de tubes en PPR.



Figure 4. 9 - Tuyau PPR.

#### 4.5.2.5 Tuyaux multicouches

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). [26]

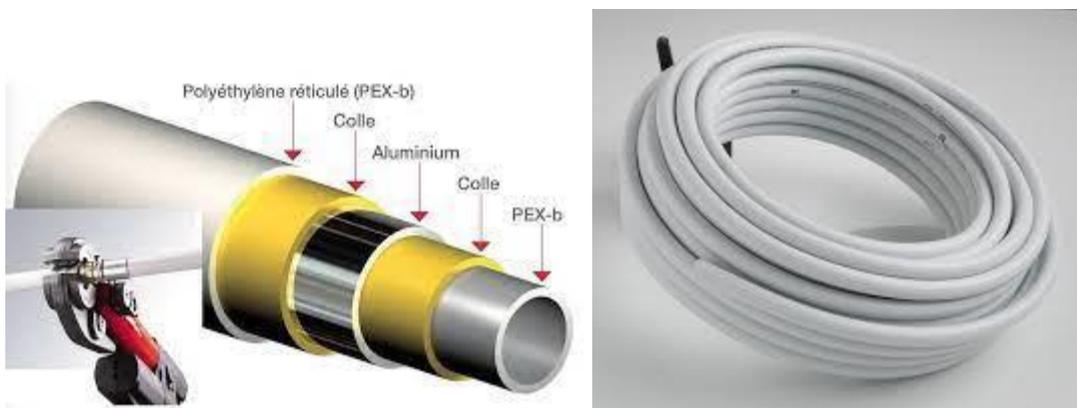


Figure 4. 10 - Tuyau multicouche. [26]

### 4.5.3 Les radiateurs

Les radiateurs sont souvent utilisés pour chauffer des maisons, des appartements, des bureaux, des écoles et d'autres types de bâtiments. Ils peuvent être installés dans chaque pièce ou être centralisés dans une chaudière qui distribue la chaleur à travers un système de tuyauterie.

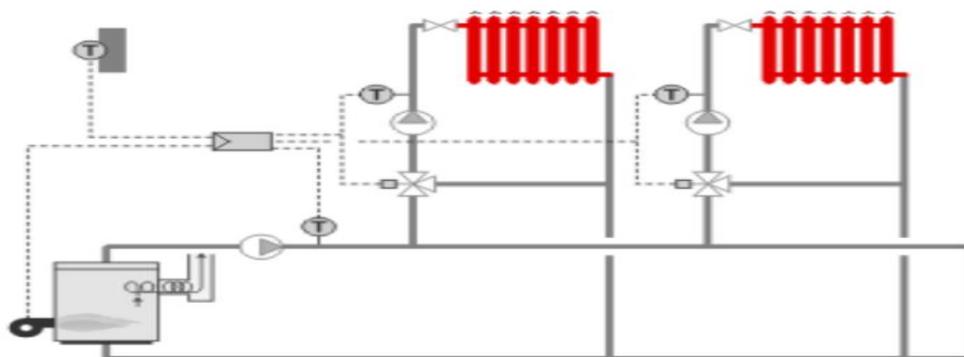


Figure 4. 11 - Les radiateur. [15]

Les radiateurs les plus utilisés sont les radiateurs en fonte en acier ou en aluminium. [23]

#### 4.5.3.1 Radiateurs en fonte

Le principal avantage des radiateurs en fonte est leur inertie thermique. La fonte étant un matériau très dense, elle est capable d'accumuler de la chaleur pour la restituer plus tard. Ceci permet de diminuer le temps pendant lequel le chauffage consomme du combustible. En effet, même éteint ou en mode ralenti, le radiateur continue d'émettre de la chaleur dans les pièces. En contrepartie, la montée en température d'un radiateur en fonte est longue.



Figure 4. 12 - radiateurs en fonte.

### 4.5.3.2 Radiateurs en acier

Contrairement aux radiateurs en fonte, les modèles en acier sont plus réactifs. La montée en température est plus courte, procurant ainsi un meilleur confort plus rapidement. Autre avantage, le radiateur en acier est moins lourd et moins coûteux qu'un radiateur en fonte. Il est donc plus facile à installer. Les radiateurs de ce type sont plus récents que les radiateurs en fonte, ils bénéficient donc en général d'un design plus attractif.



Tableau 4. 13 - radiateurs en acier.

### 4.5.3.3 Radiateurs en aluminium

Le troisième type de radiateur à eau, en aluminium, est un bon compromis entre l'acier et la fonte. Avec ce radiateur plutôt réactif, la montée en température est rapide, ce qui accélère la mise en place d'une température de confort dans les pièces. L'inertie est moyenne mais permet tout de même à la température du radiateur de redescendre progressivement une fois le chauffage coupé. Le radiateur en aluminium a l'avantage d'être plus léger que celui en fonte et moins cher, il est donc plus facile à installer. [23]



Figure 4. 14 - Radiateurs en aluminium. [23]

## 4.6 Organes de fonctionnement

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

### 4.6.1 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. [27]



Figure 4. 15 - pompe de circulation. [27]

### 4.6.2 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.

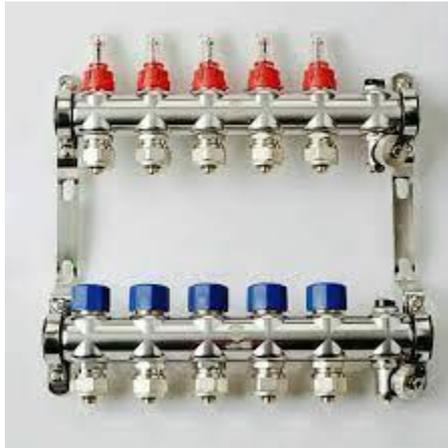


Figure 4. 16 - Collecteur.

### 4.6.3 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.



Figure 4. 17 - Vanne 4 voies.

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 clap et 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. [28]



Figure 4. 18 - Groupe de remplissage. [28]

#### 4.6.4 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.



Figure 4. 19 - Vanne d'isolement.

### 4.7 Les organes de sécurité

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

#### 4.7.1 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 trois (03) bars.



Figure 4. 20 - Soupape de sécurité.

### 4.7.2 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.



Figure 4. 21 - Purgeur automatique.



Figure 4. 22 - Purgeur manuel.

### 4.7.3 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.

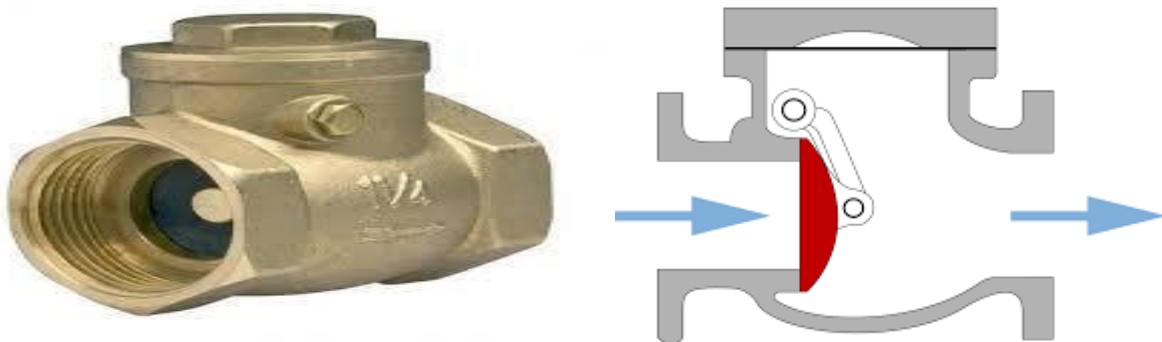


Figure 4. 23 - Clapet anti retour.

### 4.7.4 Le vase d'expansion

Le vase d'expansion (en rouge) 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.



Figure 4. 24 - Vase d'expansion.

## 4.7.5 La vanne de vidange

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



Figure 4. 25 - Vanne de vidange.

## 4.8 Organes de contrôle

### 4.8.1 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.



Figure 4. 26 - Manomètre.

## 4.8.2 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.

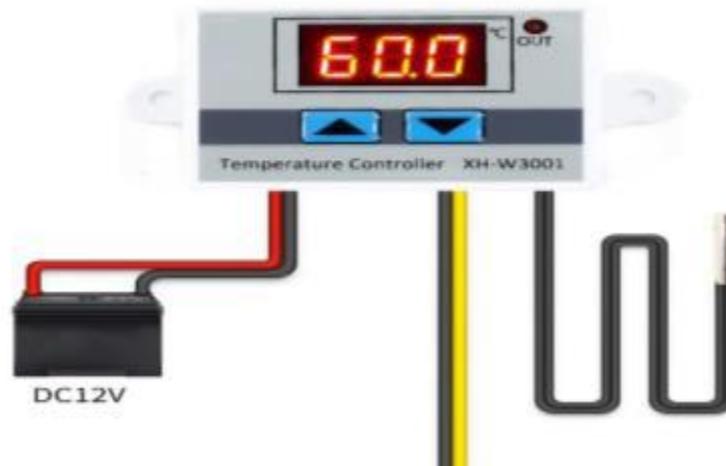


Figure 4. 27 - Sonde de température.

## 4.9 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.

### 4.9.1 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. [29]

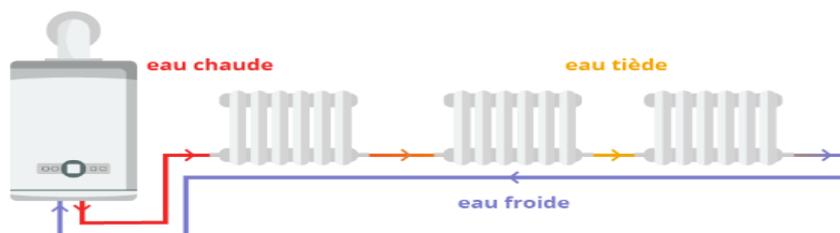


Figure 4. 28 - Fonctionnement d'un système de chauffage monotube. [16]

- **Avantages**

- Une seule tuyauterie d'alimentation
- Rapidité de mise en œuvre.

- **Inconvénients**

- Les radiateurs ne sont pas tous alimentés à la même température.
- Dimensionnement des radiateurs plus compliqué.[19]

### 4.9.2 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. [30]

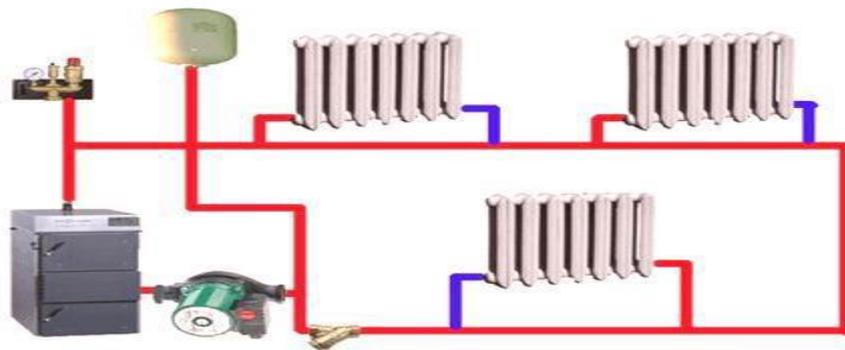


Figure 4. 29 - Distribution monotube. [30]

### 4.9.3 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]

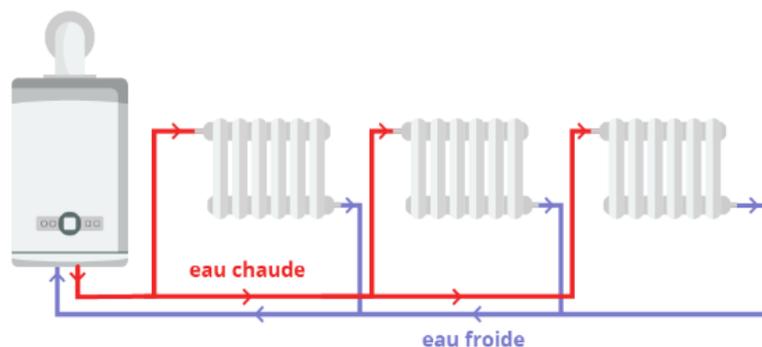


Figure 4. 30 - Fonctionnement d'un système de chauffage bitube.[12]

- **Avantages**

- Equilibrage aisé de l'installation.
- Débits naturellement identiques dans tous les émetteurs.

- **Inconvénients**

- Installation plus onéreuse
- Peut-être une source de déperditions supplémentaires. [19].

#### 4.9.4 Distribution bitube en Parapluie

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

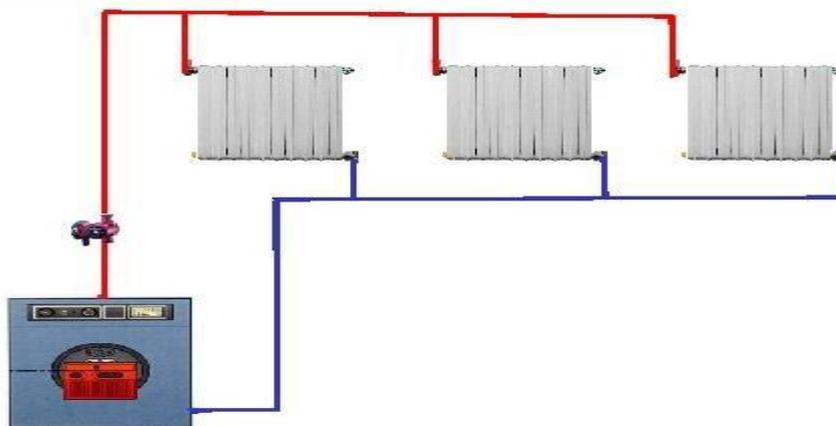


Figure 4. 31 - Distribution bitube par parapluie.

#### 4.9.5 Distribution bitube en Chandelle

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

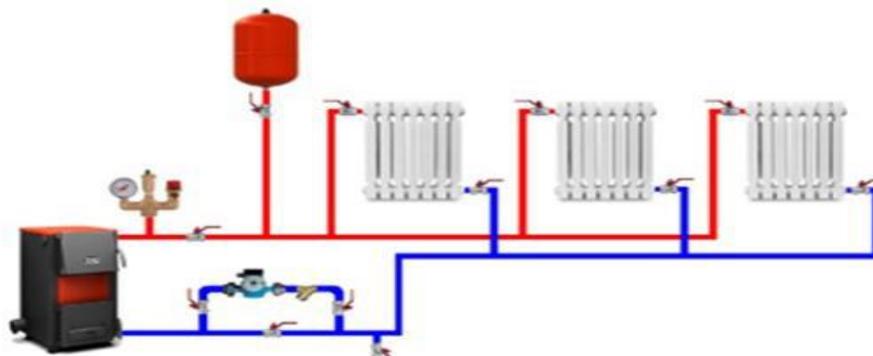


Figure 4. 32 - Distribution bitube par chandelle.

#### 4.9.6 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. [27]

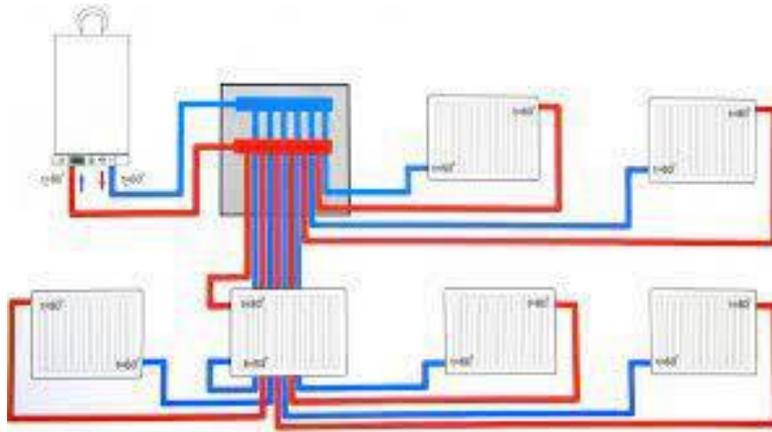


Figure 4. 33 - Distribution bitube en pieuvre. [27]

## 4.10 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.

### 4.10.1 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.



Figure 4. 34 - Thermostat d'ambiance.

### 4.10.2 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.



Figure 4. 35 - Vanne thermostatique. [31]

### 4.10.3 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]



Figure 4. 36 - Sonde extérieure. [32]

## 4.11 Puissance des radiateurs

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

### 4.11.1 La taille de la pièce quand souhaite chauffer

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

#### 4.11.1.1 Volume de chaque pièce

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

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

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

On donne les volumes des pièces d'une maison dans le tableau 4.2 et le tableau 4.3.

Tableau 4. 2 - Volume de chaque pièce (RDC).

Espace	Volume (m <sup>3</sup> )
Chambre	46,98

<b>HaLL dentré</b>	<b>61,15</b>
<b>Hammane</b>	<b>25,07</b>
<b>WC+ SAS</b>	<b>9,27</b>
<b>Séjour</b>	<b>39,39</b>

- **1<sup>er</sup> étage**

**Tableau 4. 3 - Volume de chaque pièce (1er étage).**

<b>Espace</b>	<b>Volume(m<sup>3</sup>)</b>
<b>Chambre 01</b>	<b>54,65</b>
<b>Chambre 02</b>	<b>64,58</b>
<b>Chambre 03</b>	<b>50,91</b>
<b>Séjour</b>	<b>44,34</b>
<b>Hall</b>	<b>47,30</b>
<b>Hammane</b>	<b>25,07</b>
<b>S.D.B</b>	<b>6,23</b>
<b>WC+SAS</b>	<b>6,14</b>

## **4.12 Choix et dimensionnement des radiateurs**

Pour choisir un radiateur, Il faut adapter sa taille à la température d'eau fournie par l'équipement.

En effet, la puissance effective d'un radiateur dépend de la température de l'eau qui y circule.

Il existe plusieurs régimes de température :

- 90/70 (haute température - ancienne chaudière)
- 75/65 (basse température - nouvelle chaudière - norme EN 442)

- 35/27 (très basse température - chauffage surfacique)

Selon la norme européenne EN 442, un équipement de chauffage (chaudière, radiateur ou batterie de chauffage) est "dimensionné en régime "75/65". Cela signifie que si on choisit un radiateur de 2000 W dimensionné en régime 75/65, l'eau entre dans le radiateur à 75°C et qu'elle cède 2 000 W de chaleur pour un local à 21°C, et sort avec une température de 65°C.

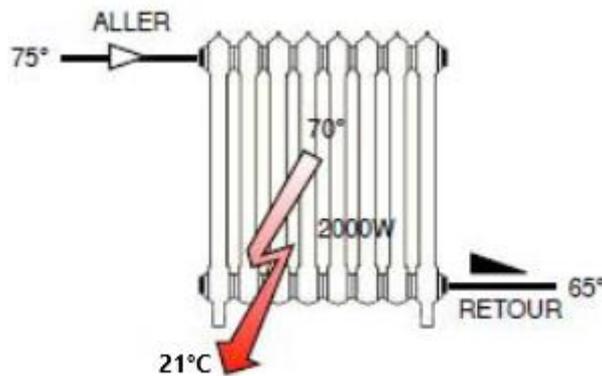


Figure 4. 37 - Radiateur.

On définit :

$$\Delta T = ((T_e + T_s)/2) - T_a \quad [^{\circ}C] \quad (4.1)$$

$T_e$  : Température d'entrée en °C

$T_s$  : Température de sortie d'eau en °C

$T_a$  : Température de confort en °C

AN :

$$\Delta T = [(75+65) / 2] - 21 = 49^{\circ}C$$

Delta T va nous servir pour choisir la puissance d'un élément dans le document du fournisseur  
Pour notre étude nous choisirons un régime d'eau 75/65.

Il existe plusieurs épaisseurs, hauteurs et longueurs de radiateurs fonte ou acier.

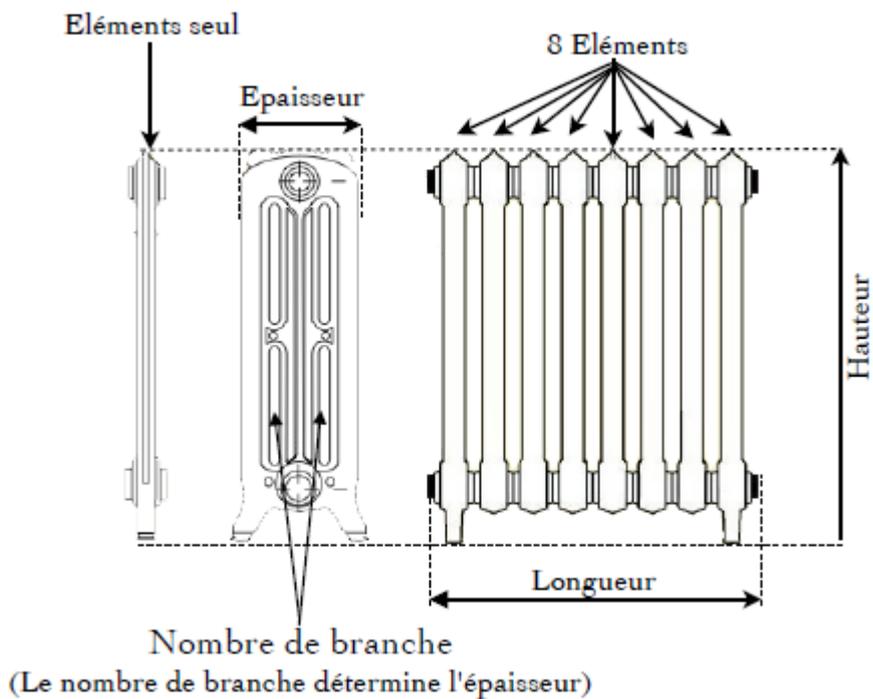


Figure 4. 38 - Les élément de radiateur. [34]

Pour déterminer les dimensions d'un radiateur, il faut tout simplement mesurer, sur plan ou physiquement, l'emplacement défini pour ce dernier.

Le tableau fournisseur va nous permettre de sélectionner un modèle de radiateur en fonction des critères dimensionnement et de DELTA T ( $\Delta T$ ).

Tableau 4. 4 - puissance des éléments. [34]

Hauteur (mm)	Modèles	60°	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°	d'un élément (en Litre)
		Nombre de branche										
285	TO 6 285	98.8	68.7	70.7	72.6	74.6	76.5	78.5	80.5	82.5	84.5	0,557
480	TO 2 480	69	47.8	49.2	50.5	51.9	53.3	54.7	56.1	57.5	58.9	0,557
	TO 3 480	98.4	67.8	69.8	71.8	73.8	75.5	77.7	79.8	81.8	83.8	0,714
	TO 4 480	119.7	82,4	84.8	87.2	89.6	92	94.5	96.9	99.4	101.9	0,929
630	TO 2 630	90.4	62.4	64.2	66	67.8	69.7	71.5	73.3	75.2	77.1	0,685
	TO 3 630	124.9	85.6	88.1	90.6	93.2	95.7	98.3	100.9	103.5	106.1	0,875
	TO 4 630	166.3	106.9	110	113.2	116.4	119.6	122.8	126.1	129.4	132.7	1,132
780	TO 2 780	110.2	76.2	78.3	80.5	82.7	85	87.2	89.4	91.7	94	0,823
	TO 3 780	149.9	102.4	105.5	108.5	116.6	114.7	117.8	120.9	124	127.2	1,061
	TO 4 780	185.8	127.9	131.6	135.3	139.1	142.8	146.6	150.4	154.3	158.2	1366
900	TO 2 900	127.6	88	90.5	93.1	95.6	98.2	100.8	103.4	106	108.7	0,929
	TO 3 900	173.2	118.4	121.9	125.4	128.9	132.5	136.1	139.7	143.3	147	1180

Pour notre cas nous choisirons des radiateurs à deux et trois branches (TO 2.et TO 3).

Pour le Hall et le Salon les cuisines et la S.D.B nous prendrons une hauteur de 780 mm **MODELE TO 3 780.**

Pour la chambre ou le radiateur sera sous une fenêtre nous prendrons un deux branches d'une hauteur de 630 mm **MODELE TO 2 630.**

$\Delta T = 49^\circ$  donc nous trouvons dans le tableau une puissance par éléments de 114,7 W

$\Delta T = 49^\circ$  donc nous trouvons dans le tableau une puissance par éléments de 69,7 W

#### 4.12.1 Puissance des radiateurs

Formule à utiliser pour calculer la puissance d'un radiateur pour une pièce de la maison :

$$Pr ad = [Coe f Ubat \times Volume x \times (Tcon.fort - Tbase)] + 20\% \quad (4.2)$$

Avec :

- $U_{bat} = 0.8$  (Coefficient des normes isolation donnees à partir **RT 2012**).
- Températures de base Tlemcen =  $1^{\circ}\text{C}$ .
- Température de confort =  $21^{\circ}\text{C}$ .
- 20% : Coefficient de sécurité.

## ➤ RDC

La puissance des radiateurs au niveau de rez de chaussée et le nombre d'élément nécessaire :

- **Pour Chambre**

$$\text{Prad} = [0.8 \times (14,68 \times 3,2) \times (21-1)] + 20\%$$

$$\text{Prad} = 751,82 \text{ W}$$

$$P \text{ chambre} = 751,82 \times 1,2 = 902,18 \text{ W}$$

Calculons le nombre d'élément nécessaire pour obtenir une puissance de 902,18 Watts

Nombre d'éléments = Puissance à installer / puissance d'un élément

$$\text{Nombre d'éléments} = 902,18 / 69,7 = 12,94$$

Nous prendrons **13 éléments**. (On choisit un chiffre pair de préférence).

- **Pour HALL**

$$\text{Prad} = [0.8 \times (19,11 \times 3,2) \times (21-1)] + 20\%$$

$$\text{Prad} = 978,63 \text{ W}$$

$$P \text{ HALL} = 978,63 \times 1,2 = 1174,35 \text{ W}$$

Nombre d'éléments = Puissance à installer / puissance d'un élément

$$\text{Nombre d'éléments} = 1174,35 / 114,7 = 10,23$$

Nous prendrons **10 éléments**.

- **Pour Hammam**

$$\text{Prad}=[0,8 \times (10,9 \times 3,2) \times (27-1)] +20\%$$

$$\text{Prad}=727,70 \text{ W}$$

$$P \text{ hammam} = 727,7 \times 1,2 = 1174,35 \text{ W}$$

$$\text{Nombre d'éléments} = 873,25 / 114,7 = 7,61$$

Nous prendrons **8 éléments**.

- **Pour Séjour**

$$\text{Prad}=[0,8 \times (12,31 \times 3,2) \times (20)] +20\%$$

$$\text{Prad}=630,47 \text{ W}$$

$$P \text{ Séjour} = 630,47 \times 1,2 = 756,56 \text{ W}$$

$$\text{Nombre d'éléments} = 756,56 / 114,7 = 6,59$$

Nous prendrons **7 éléments**.

## ➤ **1 er étage**

La puissance des radiateurs au niveau de 1<sup>er</sup> étage et le nombre d'élément nécessaire :

- **Pour Chambre 01**

$$\text{Prad}=[0,8 \times (19,11 \times 2,86) \times (20)] +20\%$$

$$\text{Prad}=874,67 \text{ W}$$

$$P \text{ chambre 01} = 874,67 \times 1,2 = 1049,61 \text{ W}$$

$$\text{Nombre d'éléments} = 1049,61 / 69,7 = 15,06$$

Nous prendrons **15 éléments**.

- **Pour Chambre 02**

$$\text{Prad}=[0.8 \times (22,58 \times 2,86) \times (20)] + 20\%$$

$$\text{Prad}=1033,46 \text{ W}$$

$$P \text{ chambre } 02 = 1033,26 \times 1,2 = 1239,91 \text{ W}$$

$$\text{Nombre d'éléments} = 1239,91 / 69,7 = 17,78$$

Nous prendrons **18 éléments**.

- **Pour Chambre 03**

$$\text{Prad}=[0.8 \times (17,8 \times 2,86) \times (20)] + 20\%$$

$$\text{Prad}=814,73 \text{ W}$$

$$P \text{ chambre } 03 = 814,73 \times 1,2 = 977,67 \text{ W}$$

$$\text{Nombre d'éléments} = 977,67 / 69,7 = 14,03$$

Nous prendrons **14 éléments**.

- **Pour Séjour + Hall**

$$\text{Prad}=[0.8 \times (15,5 \times 2,86) \times (20)] + 20\%$$

$$\text{Prad}=709,48 \text{ W}$$

$$P \text{ séjour + hall} = 709,48 \times 1,2 = 851,38 \text{ W}$$

$$\text{Nombre d'éléments} = 851,38 / 114,7 = 7,42$$

Nous prendrons **8 éléments**.

- **Pour Cuisine**

$$\text{Prad}=[0.8 \times (19,06 \times 2,86) \times (20)] + 20\%$$

$$\text{Prad}= 872,39 \text{ W}$$

$$P \text{ cuisine} = 872,39 \times 1,2 = 1046,86 \text{ W}$$

$$\text{Nombre d'éléments} = 1046,86 / 114,7 = 9,12$$

Nous prendrons **9 éléments**.

- **Pour SDB+WC**

$$\text{Prad}=[0.8 \times (5,42 \times 2,86) \times (20)] + 20\%$$

$$\text{Prad}=248,22 \text{ W}$$

$$P \text{ SDB} + \text{WC} = 248,22 \times 1,2 = 297,86 \text{ W}$$

$$\text{Nombre d'éléments} = 297,86 / 114,7 = 2,59$$

Nous prendrons **3 éléments**.

- **Pour HALL**

$$\text{Prad}=[0.8 \times (16,54 \times 2,86) \times (20)] + 20\%$$

$$\text{Prad}= 758,44 \text{ W}$$

$$P \text{ hall} = 758,44 \times 1,2 = 910,14 \text{ W}$$

$$\text{Nombre d'éléments} = 910,14 / 114,7 = 7,93$$

Nous prendrons **8 éléments**.

- **Pour Escalier**

$$\text{Prad}=[0.8 \times (9,14 \times 8,58) \times (20)] + 20\%$$

$$\text{Prad}= 1254,94 \text{ W}$$

$$P \text{ Escalier} = 1254,94 \times 1,2 = 1505,92 \text{ W}$$

$$\text{Nombre d'éléments} = 1505,92 / 114,7 = 13,13$$

Nous prendrons **13 éléments**.

D'après le résultat des tableaux ci-dessus il nous faut **14 radiateurs** en total pour faire chauffer la maison.

## 4.12.2 Calcul du débit des radiateurs

Le débit volumique d'eau chaude circulant dans chaque radiateur en fonction de la puissance

installée et la différence de température du régime d'écoulement.

Sachant que la puissance installée peut être calculé par :

- $Q = \text{Puissance thermicienne} / \Delta T$
- Puissance thermicienne = Puissance installée en Watt / 1,16 kcal/h (Kilo Calorie)
- Puissance installée = Nombre d'éléments x puissance d'un élément

Avec :

$$\Delta T = \text{Température RETOUR} - \text{Température ALLER}$$

Calculer la chute de température d'eau :

$$\Delta T = 75^{\circ}\text{C} - 65^{\circ}\text{C} = 10^{\circ}\text{C}$$

### 4.12.3 Calcul du volume d'eau des radiateurs

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

Avec :

Volume d'eau d'un élément (salon, cuisine, S.D.B) = 1.016l.

Volume d'eau d'un élément (chambres) = 0.685

### 4.12.4 Evaluer la robinetterie des radiateurs

Pour déterminer le diamètre des robinets du radiateur. Le tableau 4.9 présente les différents diamètres des robinets :

Tableau 4. 6 - Robinetterie des radiateurs.

Débit	De 0 à 90 l/h	De 100 à 200 l/h	Plus de 200 l/h
Diamètre Robinetterie	3/8''	1/2''	3/4''

#### 4.12.5 Evaluer le diamètre d'alimentation des radiateurs

Tableau 4. 7 - Diamètre d'alimentation des radiateurs.

Débit	De 0 à 90 l/h	De 90 à 150 l/h	De 150 à 200 l/h
Diamètre tube multicouche	14x1	16x1	20x1
<b>NB</b> le diamètre des tubes multicouche sera équivalent au diamètre de la robinetterie			

#### ➤ RDC :

Tableau 4. 8 - Choix des corps de chauffe pour le rez de chaussée.

Pièce	Chambre	Hammam	Hall	Séjour
Puissance installée [W]	906,1	917,6	1147	802,9
Nbrs d'élément	13	8	10	7
Puissance Thermicienne[kCal/h]	781,12	791,04	988,79	692,15
Débit Q [l/h]	78,11	79,10	98,88	69,21
Volume d'eau dans le radiateur [l]	8,9	8,13	10,16	7,11
Diamètre Robinetterie	3/8''	3/8''	1/2''	3/8''

<b>Diamètre tube Multicouche</b>	14 x1	14 x1	16x1	14 x1
----------------------------------	-------	-------	------	-------

➤ **1<sup>er</sup> étage :**

**Tableau 4. 9 - Choix des corps de chauffe pour le 1er étage.**

<b>Pièce</b>	<b>Chambre 01</b>	<b>Chambre 02</b>	<b>Chambre 03</b>	<b>Cuisine</b>
<b>Puissance installée[W]</b>	1045,5	1254,6	975,8	1032,3
<b>Nombre d'élément</b>	15	18	14	9
<b>Puissance Thermicienne[kCal/h]</b>	901,3	1081,55	841,21	889,91
<b>Débit Q [l/h]</b>	90,13	108,15	84,12	88,99
<b>Volume d'eau dans le radiateur [l]</b>	10,27	12,33	9,59	9,14
<b>Diamètre Robinetterie</b>	1/2''	1/2''	3/8''	3/8''
<b>Diamètre tube Multicouche</b>	14 x1	14 x1	12 x1	12 x1

Pièce	Séjour + Hall	Escalier
Puissance installée[W]	1032,3	1506,01
Nombre d'élément	9	13
Puissance Thermicienne[kCal/h]	889,91	1298,28
Débit Q [l/h]	88,99	129,83
Volume d'eau dans le radiateur [l]	9,14	13,21
Diamètre Robinetterie	3/8''	1/2''
Diamètre tube Multicouche	12 x1	14 x1

### 4.13 Choix de la chaudière

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

$$P_{chaudière} = \sum P_{installée} \quad [W] \quad (4.3)$$

$$P_{chaudière} = 10620,11 \text{ W}$$

$$P_{chaudière} \sim 11000 \text{ W}$$

$$P_{chaudière} = 11 \text{ KW}$$

Alors :

En choisir la chaudière MURAL TALIA GREEN SYSTEM A GAZ A CONDENSATION 12KW.

# 4.14 Plan des radiateurs de maison

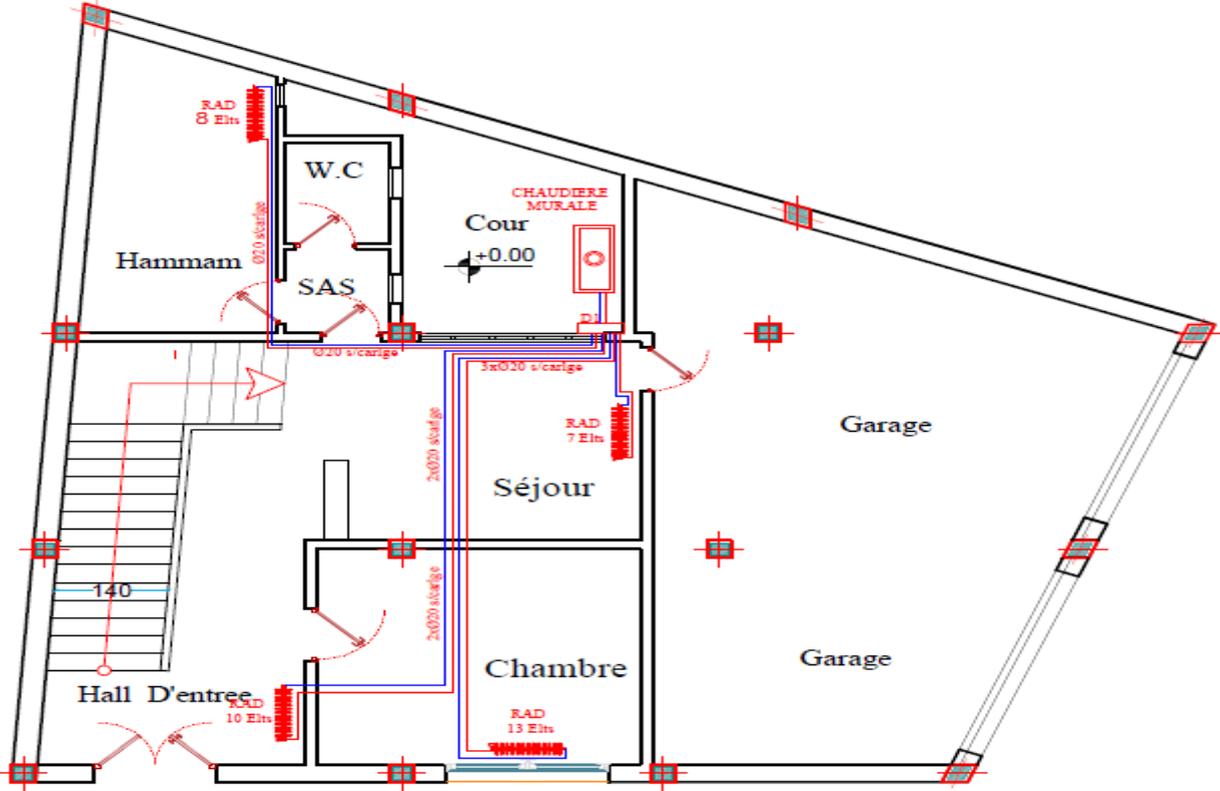


Figure 4. 39 - Plan finale de RDC

**LEGENDE :**

-  :Radiateur en Aluminium.
-  Ø20 s/carage :Tuyauterie en multicouche sous carrelage.
-  D :Distrbuteur pour radiateurs.

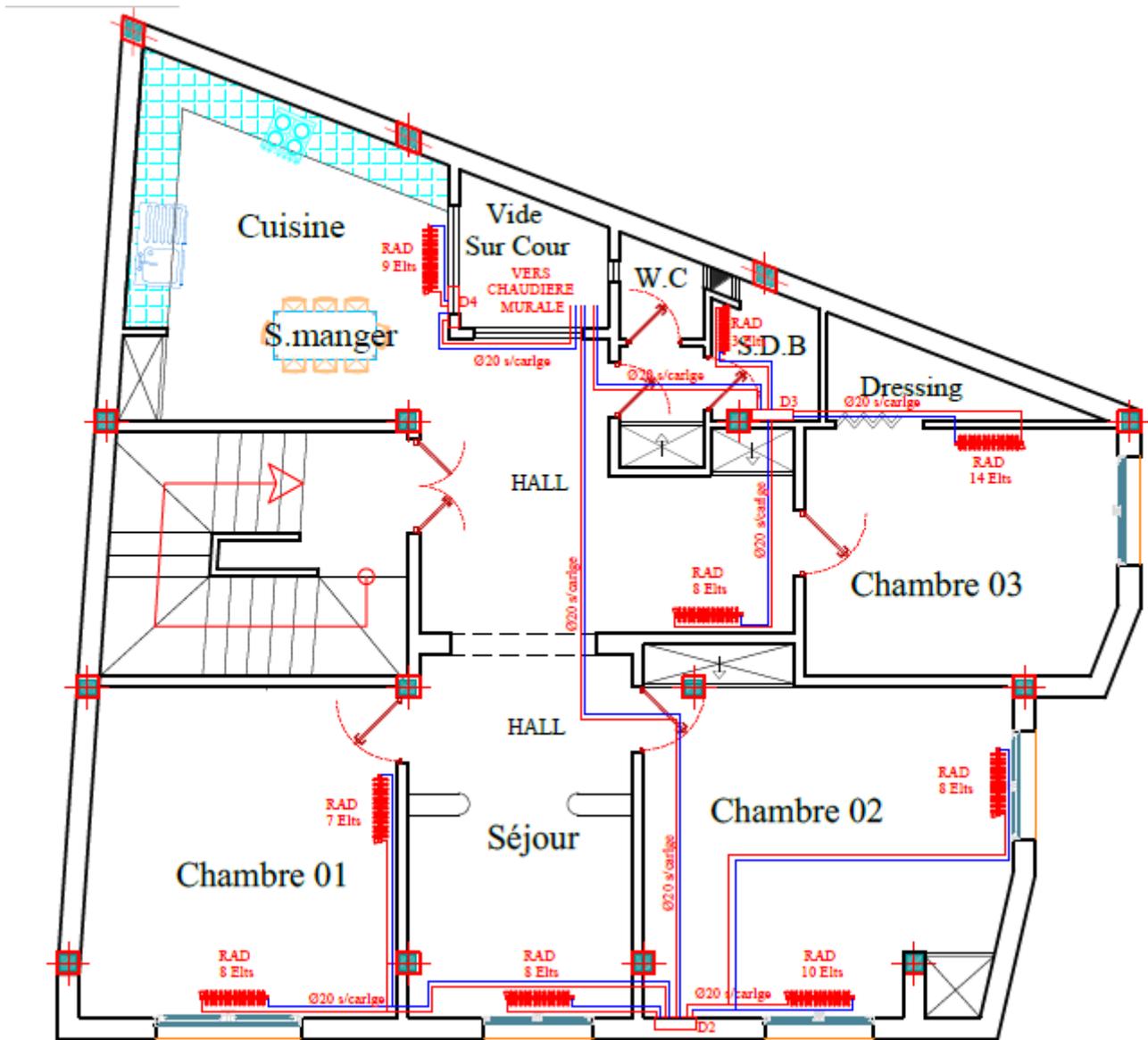


Figure 4. 40 - Plan finale de 1er étage.

## 4.15 Conclusion

Le dimensionnement des installations de chauffage est une étape essentielle dans la conception d'un système de chauffage efficace et économique pour les bâtiments. Il doit être effectué par des professionnels qualifiés pour garantir la sécurité et le confort des occupants du bâtiment tout en minimisant les coûts énergétiques.

## Conclusion générale

Une étude de conception d'un système de chauffage à eau chaude d'une maison située dans la wilaya de Tlemcen a été réalisée, dans le but de fournir l'énergie thermique nécessaire pour assurer aux occupants le confort thermique dans une zone climatique **B**.

Cette étude à été très intéressante du point de vue technique et théorique car elle m'a permis de confronter et vérifier la théorie, et d'intégrer celle-ci à la pratique pour, le dimensionnement d'une installations de chauffage à eau chaude basée sur la méthode de calcul des pertes thermiques conformément au document technique réglementaire algérien (DTR C32).

Le calcul des déperditions thermiques a permis de dimensionner tous les éléments du système de chauffage. Le travail effectué a permis la conception d'un système de chauffage à eau chaude fonctionnant en régime de température  $75\text{ }^{\circ}\text{C} / 65\text{ }^{\circ}\text{C}$  avec des conduite multicouche compte tenu de leurs propriétés thermodynamiques et leurs disponibilités sur le marché. 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 les pertes de chaleur souvent causées par une isolation insuffisante ou par le renouvellement de l'air dans ces locaux. Un bon contrôle de la température dans ces pièces permettra de réduire la consommation et la facture énergétique (gaz naturel), en optimisant le rendement de la chaudière et du brûleur de cette installation. ces dispositifs permettent de réaliser des économies sur la consommation annuelle de gaz naturel, par rapport à une chaudière qui en serait dépourvue

En fin, il est indispensable de prendre en compte les déperditions thermiques et les besoins de chauffage spécifiques d'un bâtiment. Une bonne conception et une installation adéquates du système de chauffage, combinées à une bonne isolation, permettent de réduire les coûts énergétiques, d'améliorer le confort intérieur et de contribuer à la durabilité environnementale.

## Bibliographie

- [1]. Récupéré sur [https://fr.wikipedia.org/wiki/Conduction\\_thermique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Conduction_thermique)
- [2]. Récupéré sur <https://fr.khanacademy.org/science/physics/thermodynamics/specific-heat-and-heat-transfer/a/what-is-thermal-conductivity>
- [3]. Récupéré sur <http://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/18691>
- [4]. Récupéré sur <http://www.fsr.ac.ma/DOC/cours/physique/bargach/Chap4.pdf>
- [5]. Récupéré sur <http://www.da-engineering.com/mooc/lecon-1-pv/>
- [6]. Récupéré sur <https://hirschisolation.fr/les-ponts-thermiques-de-liaison-plancher-et-mur/>
- [7]. Récupéré sur [https://fr.wikipedia.org/wiki/Isolation\\_thermique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Isolation_thermique)
- [8]. Récupéré sur D.T.RC3.2. Règles de calcul des déperditions calorifiques, Fascicule 1. Règlements thermiques des bâtiments d'habitation.
- [9]. Récupéré sur <https://planificateur.a-contresens.net/afrique/algerie/wilaya-de-tlemcen/tlemcen/2475687.html>
- [10]. Récupéré sur <https://www.climatsetvoyages.com/climat/algerie/tlemcen>
- [11]. Récupéré sur J.Bernard, Energie solaire calculs et optimisation, édition ellipses, 2004
- [12]. Récupéré sur O.Buyukalaca, H.Bulut, T.Yilmaz, Analysis of variable-base heating and cooling degree-days for Turkey, Applied Energy 69 (2001) 269-283.
- [13]. <https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/9989/1/Memoire%20Comple%20%20.pdf>
- [14]. <http://chauffagedurable.canalblog.com/archives/2013/08/12/27825359.html>
- [15]. Récupéré sur [https://environnement.brussels/sites/default/files/pres\\_20150209\\_rhpe\\_3\\_2ch\\_ec\\_fr.pdf](https://environnement.brussels/sites/default/files/pres_20150209_rhpe_3_2ch_ec_fr.pdf)
- [16]. Récupéré sur <https://comptoir.bricozor.com/radiateur-monotube-ou-bitube-differences-et-particularites.html>
- [17]. Récupéré sur Mr Mazari. Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments, .2019. Algérie. UMMTO
- [18]. [https://www.qualitel.org/particuliers/equipements-et-materiaux\\_maison/chauffage/radiateurs-a-eau-chaude/](https://www.qualitel.org/particuliers/equipements-et-materiaux_maison/chauffage/radiateurs-a-eau-chaude/)
- [19]. Récupéré sur [https://formation-energetique.fr/images/LPBatiment/Seconde/Cours/hydraulique/les\\_r%C3%A9seaux/les\\_r%C3%A9seaux.pdf](https://formation-energetique.fr/images/LPBatiment/Seconde/Cours/hydraulique/les_r%C3%A9seaux/les_r%C3%A9seaux.pdf)
- [20]. Récupéré sur chauffage. Site web : <https://fr.m.wikipedia.org> consulté en mai 2018
- [21]. Récupéré sur Chaudière Algérie : Marque et prix 2022 |Guide complet| |Murale| |Gaz|

- [22]. Récupéré sur <https://sanivdk.be/chauffagiste/chaudiere/chaudiere-gaz/#page-content>
- [23]. Récupéré sur comparatif des différents types des radiateur ; site web  
: <https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/radiateur-electrique-inertie> consulté Avril
- [24]. Récupéré sur <https://edito.seloger.com/materiaux-equipements/travaux/plomberie-tuyaux-en-cuivre-ou-en-article-2587.html>
- [25]. Récupéré sur chauffage : tous les matériaux, classifications et normes site web :  
<https://www.consobrico.com/les-materiaux-du-chauffage> consulté en 2018
- [26]. Récupéré sur <https://www.stylesdebain.fr/definition-tube-multicouche/>
- [27]. Récupéré sur <https://www.leschroniquesdegoliath.com/conseils-maison-bricolage/le-confort-de-la-maison-renovation-bricolage/2701-2/>
- [28]. Récupéré sur [https://www.caleffi.com/sites/default/files/file/01025\\_fr.pdf](https://www.caleffi.com/sites/default/files/file/01025_fr.pdf)
- [29]. Récupéré sur <https://elyotherm.fr/chauffage-central>
- [30]. Récupéré sur [https://formation-energetique.fr/images/LPBatiment/Seconde/Cours/hydraulique/les\\_r%C3%A9seaux/les\\_r%C3%A9seaux\\_de\\_distribution\\_%C3%A9l%C3%A8ve.pdf](https://formation-energetique.fr/images/LPBatiment/Seconde/Cours/hydraulique/les_r%C3%A9seaux/les_r%C3%A9seaux_de_distribution_%C3%A9l%C3%A8ve.pdf)
- [31]. Récupéré sur Guide de chauffage site : <https://www.leguideduchauffage.com> consulté en 2018
- [32]. Récupéré sur  
<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.>
- [33] <https://blog.planetebain.com/quelle-puissance-pour-mon-radiateur-de-salle-de-bain/>
- [34] Le guide de l'installateur thermiques et sanitaires dossier chauffage dimensionné une installation de chauffage [www.le guide its.fr](http://www.leguideits.fr) 05/2017