

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة التعليم
العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de RELIZANE
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département :Génie mécanique



MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en :
Energétique

Intitulé

**Etude et dimensionnement d'une installation de chauffage central pour
une maison avec isolation thermique.**

Présenté par :

Mr : Abdani Nasreddine

Mr : Mohamed Mohammdi Seddik

Devant les membres de jury :

Président : Mr Belabbaci Majid

Encadreur : Mr Zahi Rachid

Examineur : Mr Bouamra messaoud

Maître de conférence MAB (U. Relizane)

Professeur PR (U. Relizane)

Maître de conférence MCB (U. Relizane)

Année universitaire : 2024/2025

REMERCIEMENTS

Avant tout, on remercie Dieu tout puissant qui nous a mené jusqu'au bout du chemin et nous a éclairé la voie du savoir .

On adresse également nos remerciements à notre encadreur Dr ZAHY RACHID, qui nous a énormément aidés pour l'achèvement de ce travail, pour sa disponibilité, pour son suivi, ses nombreux conseils et ses critiques constructives.

Nous tenons aussi à remercier les membres du jury, qui ont accepté de porter leur apport. Leurs remarques, critiques, orientations et conseils nous seront très utiles pour une continuité dans le processus de recherche scientifique.

Nous remercions cordialement tout le personnel et les enseignants du département génie mécanique de l'unité site Médéa pour leur disponibilité et encouragements tout au long de notre formation.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Dédicaces

A mes chers parents pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A mes chers frères et mes sœurs et mes amis pour leurs encouragements constants et leur soutien moral. À toute ma famille pour son soutien tout au long de ma carrière universitaire.

Puisse ce travail être l'accomplissement de vos vœux, si bien, et échapper à votre soutien infaillible.

Merci d'être toujours là pour moi

Résumé

Les communautés en Algérie sont confrontées à un défi constant pour fournir un confort thermique conforme aux exigences du logement moderne, ce qui n'est pas toujours le cas dans de nombreux bâtiments qui ne respectent pas les normes actuelles de confort, notamment en ce qui concerne le chauffage adéquat pendant l'hiver.

De nombreux habitants souffrent de températures basses à l'intérieur des bâtiments en raison de l'absence de systèmes de chauffage efficaces et conçus selon les normes techniques appropriées.

L'un des aspects importants négligés dans de nombreux projets de construction est l'absence d'une étude thermique complète pour déterminer les meilleures solutions pour garantir un confort thermique.

Dans cette étude, nous avons conçu et mis en place un système de chauffage central performant, en sélectionnant les équipements appropriés tels que les radiateurs, chaudières, pompes, tuyaux et réservoirs d'expansion, conformément aux catalogues spécialisés dans ce domaine.

Nous avons utilisé le document technique réglementaire DTR pour définir toutes les normes techniques nécessaires et calculer la production idéale d'énergie, en tenant compte de tous les facteurs influençant la consommation d'énergie et le confort thermique à l'intérieur du bâtiment.

Cette étude vise à améliorer le confort thermique dans les bâtiments administratifs en proposant des solutions de chauffage modernes et efficaces qui répondent aux besoins réels des occupants et assurent une utilisation durable de l'énergie.

Mots-clés : *confort thermique, DTR, chauffage central, production d'énergie, étude thermique, efficacité énergétique.*

الملخص

تواجه المجتمعات في الجزائر تحديًا دائمًا في توفير الراحة الحرارية التي تتماشى مع متطلبات السكن العصري، وهذا لا يتحقق دائمًا في العديد من المباني التي لا تحترم المعايير الحديثة للراحة، خصوصًا في ما يتعلق بالدفئة المناسبة خلال فصل الشتاء يعاني العديد من السكان من درجات حرارة منخفضة داخل المباني بسبب غياب أنظمة تدفئة فعالة ومصممة وفقًا للمعايير التقنية المناسبة يُعد غياب دراسة حرارية شاملة أحد الجوانب المهمة التي يتم إهمالها في كثير من مشاريع البناء، والتي من شأنها أن تحدد أفضل الحلول لضمان الراحة الحرارية في هذه الدراسة، قمنا بتصميم وتنفيذ نظام تدفئة مركزية عالي الأداء، من خلال اختيار المعدات المناسبة مثل المشعات، والغلايات، والمضخات، والأنابيب، وخزانات التمدد، وذلك بالاعتماد على الكتلوجات المتخصصة في هذا المجال الراحة الحرارية، التدفئة المركزية، إنتاج الطاقة، الدراسة الحرارية، (استخدمنا الوثيقة التقنية التنظيمية لتحديد جميع المعايير الفنية اللازمة، وحساب الإنتاج المثالي للطاقة، مع أخذ جميع العوامل (الكفاءة الطاقوية، المؤثرة على استهلاك الطاقة والراحة الحرارية داخل المبنى بعين الاعتبار تهدف هذه الدراسة إلى تحسين الراحة الحرارية في المباني الإدارية من خلال اقتراح حلول تدفئة حديثة وفعالة تستجيب للاحتياجات الفعلية للمستخدمين، وتضمن استخدامًا مستدامًا للطاقة .

abstract

Communities in Algeria constantly face the challenge of providing thermal comfort in line with modern housing requirements, which is often lacking in many buildings that do not comply with current comfort standards, especially regarding adequate heating during winter.

Many residents suffer from low indoor temperatures due to the lack of efficient heating systems designed according to proper technical standards.

One critical aspect often neglected in many construction projects is the absence of a comprehensive thermal study to determine the best solutions for ensuring thermal comfort.

In this study, we designed and implemented a high-performance central heating system by selecting appropriate equipment such as radiators, boilers, pumps, pipes, and expansion tanks, based on specialized catalogs in the field.

We used the Regulatory Technical Document (DTR) to define all the necessary technical standards and to calculate the ideal energy production, taking into account all the factors that influence energy consumption and indoor thermal comfort.

This study aims to improve thermal comfort in administrative buildings by proposing modern and efficient heating solutions that meet the actual needs of occupants while ensuring sustainable energy use.

Keywords: thermal comfort, DTR, central heating, energy production, thermal study, energy efficiency.

Sommaire

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Résumé | I |
| Remerciements | II |
| Liste des figures | III |
| Liste des tableaux | IV |
| Liste des symboles | V |
| Introduction générale | 1 |
| | |
| Introduction générale..... | <i>I</i> |
| Chapitre I: <u>Introduction sur les chauffages thermique</u> | |
| I-1 Introduction; | 4 |
| <i>I-1-2 Historique sur le chauffage</i> | 4 |
| <i>I-1-3 Antiquité et Moyen-Âge</i> | 4 |
| <i>I-1-4 Renaissance et époque modern</i> | 4 |
| <i>I-1-5 Époque contemporaine</i> | 5 |
| I-2 Bilan thermique | 6 |
| I-3 Confort thermique..... | 6 |
| <i>I-3-1 Conditions du confort thermique:</i> | 7 |
| I-4 Le chauffage | 7 |
| I-5 Les systèmes de chauffage..... | 7 |
| I-5-1 Chauffage individuel | 8 |
| I-5-2 Chauffage collectif | 8 |
| <i>I-5-3 Chauffage central</i> | 8 |
| I-6 système de chauffage central | 8 |
| I-7-1 Différents types | 9 |
| I-7-1-1 Les chaudières à gaz classiques: | 9 |
| I-7-1-2 Le chauffage au fioul | 9 |
| I-7-1-3 Les chaudières à bois: | 9 |
| I-7-1-4 Une pompe à chaleur aérothermique air-eau | 9 |
| <i>I-7-2 Avantages et inconvénients d'un système de chauffage central</i> | 9 |
| I-8 Fluide caloporteur | 10 |
| I-9 Prix | 11 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| ChapitreII: <i>Présentation du projet</i> | |
| <i>II-1 Introduction</i> | 13 |
| II-2 But du projet..... | 13 |
| II-3 Composition et répartition des pièces dans la maison | 13 |
| II-4 Architecture et l'implantation géographique..... | 14 |
| II-4-1 Architecture de la maison (le plan) | 14 |
| II-4-2 Situation géographique | 16 |
| II-5 système de chauffage..... | 17 |
| II-5-1 Le générateur de chaleur | 17 |
| II-5-2 Les tuyaux ou canalisations de distribution | 17 |
| II-5-3 Les dispositifs de contrôle | 17 |
| II-5-4 La distribution locale de la chaleur | 17 |
| II-6 Fonctionnement du système de chauffage central..... | 17 |
| II-6-1 Chauffage du fluide | 17 |
| II-6-2 Transport de la chaleur | 17 |
| II-6-3 Distribution dans les pièces | 17 |
| II-6-4 Contrôle de la température | 18 |
| II-6-5 Retour de l'eau froide | 18 |
| II-6-6 Entretien | 18 |
| II-7 organes de chauffage central | 19 |
| II-7-1 Chaudière | 19 |
| II-7-1-1 Type de chaudière | 20 |
| II-7-2 Vase d'expansion | 21 |
| II-7-3 Pompe de circulation | 22 |
| II-7-4 Tuyauterie | 23 |
| II-7-4-1 Tuyau en matière plastique PER | 24 |
| II-7-4-2 Les tuyaux en cuivre | 24 |
| II-7-4-3 Tuyaux en l'acier noir | 25 |
| II-7-4-5 Tuyaux multicouche | 26 |
| II-7-5 Radiateurs | 26 |
| II-7-5-1 Les radiateurs en fonte | 27 |
| II-7-5-2 Les radiateurs en acier | 27 |
| II-7-5-3 Les radiateurs en aluminium | 28 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| II-7-6 Thermostat | 28 |
| II-7-7. Purgeur d'air | 29 |
| II-7-8 Soupape de sécurité | 29 |
| II-7-9. Conduit de fumée | 30 |
| II-8 L'isolation thermique | 31 |
| II-9 La laine de roche | 32 |
| II -9-1 les types de travaux utiliser la laine de roche: | 33 |
| II-10 Les pertes thermiques | 33 |
| Chapitre III: Moyen de calcul les besoins calorifique | |
| III-1 Introduction | 36 |
| III-2 Modes de transmission de la chaleur..... | 36 |
| III-2-1 La conduction: | 36 |
| III-2-2 La convection: | 37 |
| III-2-2-1 La pureté de l'air | 39 |
| III-2-2-2 La température de l'air | 39 |
| III-2-2-3 Le degré hygrométrique(ou humidité relative) | 39 |
| III-2-2-4 Le mouvement de l'air(vitesse de l'air) | 40 |
| III-3 Calculs préliminaires..... | 40 |
| III-3-1 Les coefficients d'échange superficiel (ou coefficients de transfert thermique convectif)..... | 40 |
| III-3-2 Coefficients de transmission surfacique | 41 |
| III-3-3 Les valeurs des résistances thermiques d'échanges superficielles | 42 |
| III-4 calculs des déperditions..... | 46 |
| III-4-1 Déperdition surfacique | 46 |
| III-4-1-1 Surface des portes et fenêtres | 47 |
| III.4.2 Déperdition linéique | 49 |
| III-4-3 Déperdition volumique | 51 |
| III-4-4 Total des déperditions | 53 |
| III-5 Conclusion | 54 |
| CHAPITRE IV: Bilans thermique | |
| IV-1 Partie théorique | 56 |
| IV-1-1 Puissance des radiateurs | 56 |
| IV-1-1-1 Volume de chaque chambre | 57 |
| IV-1-2 Puissance des radiateurs | 57 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| IV.1.3 Puissance de la chaudière | 59 |
| IV-2 Partie expérimentale..... | 60 |
| IV-2-1 Choix du corps de chauffage :concernant la chambre 1..... | 60 |
| IV-2-2 Calcul de puissance de la chaudière | 63 |
| IV-3 Conclusion..... | 63 |
| Conclusion Générale | 64 |

Liste des tableaux

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1: Tableau II.1 Conditions climatiques intérieures | 16 |
| 2:Tableau II.2: Conditions climatiques extérieures..... | 16 |
| 3:Tableau II.3 Cahier de charge de maison..... | 16 |
| 4:Tableau III.1: Coefficient d'échange thermique superficiel intérieure (hi):..... | 41 |
| 5:Tableau III-2 Valeurs normalisées | 43 |
| 6:Tableau III.3 : Les valeurs des résistances thermiques d'échanges superficielles | 43 |
| 7:Tableau III.4 : Valeurs du coefficient Uk pour les portes et les fenêtres..... | 43 |
| 8:Tableau III.5 :Caractéristique des différents matériaux de construction utilisés | 44 |
| 9:Tableau IV-1 température ambiante pour chaque espace..... | 56 |
| 10:Tableau IV.2 : Volume de chaque chambre:..... | 57 |
| 11:Tableau IV.3 : Puissance des radiateurs par rapport au nombre requis de watts | 57 |
| 12:Tableau IV.4: Puissance des radiateurs selon la surface et le volume de la pièce..... | 58 |
| 13:Tableau VI.5 : Nombre de radiateur et leur puissance..... | 58 |
| 14:Tableau IV.6 : Choix des corps de chauffe | 60 |

Liste des figures

| | |
|---------------------------------------------------------|----|
| 1:Figure II.1: plan de la maison | 15 |
| 2:Figure II.2:Schéma de base de l'installation..... | 19 |
| 3:Figure II.3:. Chaudière | 20 |
| 4:Figure II.4: Chaudières au sol | 21 |
| 5:Figure II-5: Chaudières murales | 21 |
| 6:Figure II.5: Vase d'expansion | 22 |
| 7:Figure II.6:Pompe de circulation..... | 23 |
| 8:Figure II.7:Tuaux en matière plastique PER..... | 24 |
| 9:Figure II.7:Tuyau en cuivre..... | 25 |
| 10:Figure II.8:Tuyau en l'acier noir..... | 25 |
| 11:Figure II.9:Tuyaux PPR | 26 |
| 12:Figure II.10:Tuyaux multicouche..... | 26 |
| 13:Figure II.11:radiateurs en fonte..... | 27 |
| 14:Figure II.11:Les radiateurs en acier..... | 28 |
| 15:Figure II.12:Les radiateurs en aluminium | 28 |
| 16:Figure II.13:Purgeur d'air | 29 |
| 17:Figure II.14:souppr de sécurité..... | 30 |
| 18:Figure II.15:Montage d'un Conduit de fumée | 31 |
| 19:Figure II.16: La laine de roche..... | 32 |
| 20:Figure II.17: Les pertes thermiques | 34 |
| 21:Figure III-1 : Transfère de chaleur Conduction | 37 |
| 22:Figure III-2: Principe de la convection | 38 |

Liste des symboles

| Symboles | Titredessymboles | Unité |
|---------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|
| Q | FluxdechaleurW | |
| λ | Conductivité thermique | W/m°C |
| S | Surface de la paroi | m ² |
| T | Températuredelaparoï | °C |
| h | Lecoefficientd'échange par convection | W/m ² °C |
| T _p | Températuredelaparoï | °C |
| T _∞ | Températuredel'air ambiant | °C |
| ϵ | Lefacteur d'émissionde la surface | / |
| σ | Laconstantede Stefan-Boltzmann | W/m ² .K ⁴ |
| T _i | Températuredel'eauau départdelachaudière | °C |
| T _{in} | Températuredel'eauà l'entrée | °C |
| T _{out} | Températuredel'eauà lasortie | °C |
| T _{retour} | Températurede l'eauaretourdanslachaudière | °C |
| D _s | Déperditionsurfaccue | W/°C |
| D _l | Déperditionlinéique | W/°C |
| D _v | Déperditionvolumique | W/°C |
| D _t | Déperditiontotal | W/°C |
| \dot{Q}_{cond} | Fluxthermiqueparconduction | W/m |
| \dot{Q}_{conv} | Fluxthermiqueparconvection | W/m |
| \dot{Q}_{ray} | Fluxthermiqueparrayonnement | W/m |
| U _k | Coefficientsdetransmissionsurfaccue | W/m ² °C |

Introduction générale:

Face aux défis liés aux variations climatiques et à la demande croissante d'efficacité énergétique, la conception et le dimensionnement d'installations de chauffage central adaptées aux besoins thermiques des bâtiments sont devenus des éléments cruciaux pour garantir le confort des occupants.

En Algérie, les conditions climatiques rigoureuses en hiver, notamment dans les régions intérieures, rendent l'installation de systèmes de chauffage performants particulièrement indispensable.

Les anciens systèmes de chauffage, tels que ceux fonctionnant au combustible solide ou liquide, ne répondent plus aux exigences modernes de confort thermique. Parallèlement, l'importance de l'isolation thermique s'est accrue dans les nouvelles constructions, contribuant ainsi à limiter les déperditions de chaleur et à optimiser l'efficacité énergétique des bâtiments. Ce phénomène, combiné avec l'augmentation des coûts énergétiques, souligne la nécessité de concevoir des systèmes de chauffage plus efficaces et mieux dimensionnés.

Dans cette étude, nous nous concentrons sur le dimensionnement d'un système de chauffage central à eau chaude pour une maison équipée d'une isolation thermique.

L'objectif est de définir les dimensions appropriées des principaux éléments du système, tels que les radiateurs, la chaudière, la pompe, et les accessoires de régulation, afin de garantir un confort thermique optimal tout en réduisant la consommation énergétique.

En outre, cette étude suit les recommandations et les standards établis dans les documents techniques réglementaires (DTR C32), assurant ainsi la conformité avec les normes locales.

Cette étude permettra également de mieux comprendre les paramètres influençant l'efficacité d'un tel système et d'acquérir de l'expérience dans la mise en œuvre de solutions de chauffage adaptées à la réalité climatique de notre pays.

Introduction Générale

L'objectif principal de cette étude est de concevoir et dimensionner un système de chauffage central à eau chaude pour une maison équipée d'une isolation thermique, en tenant compte des exigences spécifiques liées à l'efficacité énergétique et au confort thermique des occupants. Plus précisément, les objectifs de cette étude sont les suivants :

1. **Évaluer les besoins thermiques de la maison** : Calculer les déperditions thermiques afin de déterminer la quantité de chaleur nécessaire pour maintenir un confort optimal pendant les périodes hivernales.
2. **Dimensionner les différents composants du système de chauffage** : Choisir et dimensionner les équipements principaux du système, tels que les radiateurs, la chaudière, la pompe, et le vase d'expansion, en fonction des résultats des calculs de déperditions thermiques.
3. **Optimiser la performance énergétique du système** : Garantir que le système est conçu pour être efficace sur le plan énergétique, en réduisant au maximum les pertes de chaleur et en assurant une consommation énergétique raisonnable.
4. **Respecter les normes locales et les réglementations** : Veiller à ce que le dimensionnement et l'installation du système respectent les critères techniques du document réglementaire algérien DTR C32.
5. **Améliorer le confort thermique dans les maisons** : Assurer un confort thermique constant pour les occupants, tout en réduisant les coûts énergétiques en optimisant le système de chauffage.
6. **Développer une méthodologie de conception pour des installations similaires** : Acquérir de l'expérience dans la conception d'installations de chauffage adaptées aux conditions climatiques locales et pouvoir appliquer cette méthodologie à d'autres projets similaires.

Cette étude permettra de proposer des solutions pratiques et techniques pour améliorer le confort des résidents tout en optimisant la consommation d'énergie.

Chapitre I:

Introduction sur les chauffages thermique

I-1 Introduction;

Dans ce chapitre nous présentons un historique et définition et l'intérêt du chauffage et la définition du bilan thermique et le confort thermique.

I-1-2 Historique sur le chauffage :

démarre avec la domestication du feu. Les dernières études archéologiques datent la découverte du feu à 790 000 ans avant Jésus-Christ, sur les rives du Jourdain .

En plus de la protection contre les animaux sauvages et la cuisson des aliments, la maîtrise du feu sert aussi à se chauffer.

Deux techniques ancestrales pour faire advenir le feu : la percussion d'un silex contre du minerai de fer, et la friction de deux morceaux de bois dont la sciure échauffe des brindilles sèches.

I-1-3 Antiquité et Moyen-Âge:

L'*hypocauste*, inventé par les grecs et amélioré par les romains, est l'ancêtre du chauffage central. Alimenté au charbon de bois, cette installation produit de l'air chaud circulant en sous-sol. Son invention est attribuée à Caius Sergius Orata. Ce système est perfectionné par les Romains pour chauffer le *caldarium* des thermes. La majorité des « salles de bains » des riches *villae* et *domus* romaines étaient dotées d'hypocaustes.

Ces procédés furent abandonnés à l'époque gallo-romaine au bénéfice de la cheminée. Composée de conduits en tuiles positionnés dans les murs, la cheminée émet une chaleur rayonnante. L'invention de la cheminée va permettre les premiers recensements de **population** : un foyer de cheminée correspond à dix personnes. Cette époque voit aussi l'apparition des poêles en céramique impulsant les chauffages à inertie.

I-1-4 Renaissance et époque modern:

La cheminée et les poêles demeurent les principaux systèmes de chauffage. Au XVIIIème siècle, les premières machines à vapeur apparaissent, utilisant trois types de combustible : le charbon de bois, le charbon de tourbe et la coke-charbon de houille. En 1855, Franz San Galli Karlovich invente le radiateur en fonte pour chauffer l'eau.

I-1-5 Époque contemporaine:

Les chaudières à vapeurs dont s'équipent les immeubles d'habitation dès le XIX^{ème} siècle sont remplacées rapidement par des systèmes de chauffage central à eau chaude. Si la première installation d'un chauffage central en France remonte à 1877 (Château du Pecq), sa généralisation n'intervient que dans les années 30.

À partir des années 50, le chauffage central se démocratise, avec les chaudières au fioul puis au gaz. L'invention de radiateur permettant de réguler la température fait progresser le confort. Le chauffage électrique se développe dans les années 1960. Les chocs pétroliers des années 1970 augmentent le prix du fioul au profit de l'électricité.

Enfin, la prise de conscience environnementale dans les années 1990 stimule l'innovation. Des modes de chauffage plus doux et répondant davantage aux préceptes du développement durable apparaissent : panneaux photovoltaïques, énergie géothermique basée sur les sources de chaleur issue de la croûte terrestre, granulés à bois provenant du compactage des résidus de scierie, méthanisation, etc... Les procédés de réutilisation de l'énergie produite, par exemple par les data centers, pour chauffer des bâtiments constitue une piste d'avenir pour limiter le gaspillage de nos ressources.

Trépidante histoire que celle du chauffage ! A la croisé de multiples enjeux de développement, la question du chauffage des population est un sujet à considérer avec attention ! A la veille de la COP21, la question de l'innovation pour un chauffage plus écologique demeure au cœur de l'actualité.[1]

I-2 Bilan thermique :

Un audit thermique permet d'évaluer les faiblesses énergétiques d'un logement afin de définir des solutions de rénovation adaptées. L'objectif final est de fournir des recommandations permettant de prioriser les travaux à effectuer, en commençant par les plus urgents.

Concrètement, l'audit se base sur un ensemble de mesures réalisées dans toute la maison, afin d'analyser divers aspects tels que :

- Le système de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire ;
- La nature des fenêtres et des vitrages ;
- Les types de revêtements de sol ;
- Les caractéristiques des parois ;
- Les ponts thermiques ;
- Le système de ventilation ;
- L'orientation du bâtiment ;
- Les matériaux de construction utilisés.

L'audit thermique permet aussi de repérer les pertes de chaleur dues aux ponts thermiques et d'évaluer la consommation énergétique totale du logement. Il constitue également une vérification de la conformité du bien avec les normes thermiques en vigueur.[2]

I-3 Confort thermique :

Le confort thermique est une notion complexe, qui peut varier fortement d'un individu à l'autre. On le définit comme la sensation de bien-être que ressentent les individus dans un espace donné, sensation influencée par divers paramètres tels que la température, l'humidité, la qualité de l'air et l'isolation.[3]

I-3-1 Conditions du confort thermique:

-La température ambiante. Elle joue un rôle essentiel dans la perception du confort thermique. En moyenne, l'hiver, une température comprise entre 19 °C et 21 °C serait idéale. Elle peut monter aux alentours de 24 °C en été.[7]

-La température des parois. Les températures des surfaces telles que les murs, les sols et les fenêtres affectent également la sensation de confort. On s'en doute, des parois trop froides ou trop chaudes peuvent créer un déséquilibre et nuire au confort. [8]

-L'humidité de l'air. L'humidité relative de l'air intérieur est un autre facteur déterminant du confort thermique. Un taux d'humidité idéal se situe entre 40 et 60 %. Plus élevé, il génère une sensation de froid, qui incite à augmenter la température.

-La vitesse de l'air. Les courants d'air dans un bâtiment ou dans une pièce sont un élément à bannir dans une pièce. S'ils peuvent être appréciés l'été pour aider à la transpiration et rafraîchir l'atmosphère, lorsqu'il fait froid ils peuvent provoquer un inconfort en favorisant les échanges thermiques par convection. À ceci s'ajoute le métabolisme de chacun ainsi que l'habillement, agissant aussi sur la sensation de confort thermique.

-La nouvelle Réglementation environnementale RE2020. a fait du confort thermique un objectif important de la transition énergétique, surtout en ce qui concerne le confort d'été et la lutte contre les passoires thermiques.

I-4Le chauffage :

Le chauffage est l'élément le plus important pour assurer le confort thermique. Il existe de nombreuses techniques dont le choix dépend des énergies disponibles (gaz, électricité, charbon, soleil, etc&), des dimensions des pièces à chauffer et de leur exposition au soleil, du mode d'occupation et de l'état général du bâtiment notamment de son isolation. Le chauffage est aussi une action de transmettre de l'énergie thermique à un élément, un matériau ou à l'air ambiant.[4]

I-5Les systèmes de chauffage :

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

I-5-1 Chauffage individuel :

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

I-5-2 Chauffage collectif :

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

- **Avantages chauffage collectif :**

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

I-5-3 Chauffage central :

Le chauffage central désigne le mode de chauffage par lequel un ensemble de pièces est chauffé au même temps ; cela, à partir d'un seul générateur de chaleur appelé chaudière. La chaleur est acheminée au moyen d'un fluide caloporteur (eau chaude) dans des tuyaux vers les corps de chauffe situés dans les différents locaux.[5]

I-6 système de chauffage central :

Une installation de chauffage central comporte une chaudière et un réseau de diffusion de la chaleur : radiateurs, plancher ou mur chauffant. Ce système permet de chauffer toutes les pièces de la maison à la température souhaitée. L'eau constitue le liquide caloporteur le plus utilisé. Alors qu'elle atteint 70 à 75° avec des chaudières classiques, sa température peut être abaissée entre 27° et 40° sur les circuits à basse température.

Les chaudières les plus courantes fonctionnent au fioul ou au gaz. Le chauffage central peut également fonctionner à l'aide d'énergies renouvelables : chaudière au bois ou poêle bouilleur, pompe à chaleur, système solaire combiné. Les énergies renouvelables sont souvent associées à d'autres sources d'énergie sur un même réseau de chauffage central. Dans la plupart des installations récentes, le chauffage central fournit également l'eau chaude sanitaire.

La plupart des chaudières nécessitent une visite de contrôle annuelle, facturée entre 80 et 170 €. Une maintenance sur les radiateurs est nécessaire tous les 5 à 10 ans. Les chauffages au bois sont soumis à une obligation de ramonage 1 à 2 fois par an. Les installations solaires sont généralement révisées tous les 5 ans.[6]

I-7-1 Différents types

Les installations de chauffage central les plus communes fonctionnent au gaz, au fioul ou au bois. Les chaudières peuvent être murales ou posées au sol.

I-7-1-1 Les chaudières à gaz classiques:

atteignent un rendement énergétique dépassant 90 %. Celui-ci peut atteindre 105 % avec les chaudières à condensation. Pour que ce mode de chauffage soit rentable, un raccordement au réseau de gaz de ville est recommandé.

I-7-1-2 Le chauffage au fioul:

est encore utilisé dans de nombreux foyers. Les nouvelles générations de chaudières au fioul sont plus économes en combustible et moins polluantes.

I-7-1-3 Les chaudières à bois:

fonctionnent avec des granulés mais certaines utilisent les plaquettes de bois, plus économiques. Les chaudières à bois à condensation offrent des rendements supérieurs. Le poêle bouilleur constitue une vraie alternative à la chaudière. Certains modèles peuvent alimenter jusqu'à 12 radiateurs.

I-7-1-4 Une pompe à chaleur aérothermique air-eau:

peut être reliée à un plancher chauffant à eau. Les pompes à chaleur géothermiques alimentent le réseau grâce à la chaleur du sol.[7]

I-7-2 Avantages et inconvénients d'un système de chauffage central:

Le chauffage central est plus économique que des radiateurs électriques ou des chauffages au gaz ou au fioul utilisés de manière individuelle. La chaleur fournie est douce et homogène. L'air est plus sain et moins sec qu'avec de simples convecteurs électriques. Les réseaux fonctionnant à basse température sont performants et très économes en combustible.

Le principal inconvénient du chauffage central est son prix. L'investissement de départ peut sembler élevé mais le retour sur investissement est relativement rapide. La plupart des installations actuelles sont éligibles aux aides financières à la rénovation énergétique, telles que le crédit d'impôt, la prime énergie, l'éco-prêt à taux zéro et les aides de l'Anah. Il est préférable de prévoir les travaux nécessaires au moment de la construction, ce qui évite les désagréments liés à la pose.[8]

I-8 *Fluide caloporteur :*

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

- **L'eau** : on peut chauffer de l'eau et la faire circuler, on parle alors de chauffage à eau chaude. Si l'on chauffe l'eau à une température supérieure à 95 °C, on parle de chauffage à eau surchauffée. Dans ce cas, la pression de service sera plus élevée.
- **L'air** : on chauffe l'air à l'aide d'un générateur à air chaud.
- **La vapeur** : une chaudière équipée d'un ballon produit la vapeur. On comprendra très facilement qu'il est complexe de régler un chauffage à vapeur, car la température de régler un chauffage à vapeur, car la température de la vapeur est d'au moins 100 °C. Le chauffage à vapeur se subdivise en chauffage à haute pression et chauffage à basse pression.
- **L'huile thermique** : ce type est utilisé dans les applications industrielles où l'on demande des températures élevées.[9]

I-9 Prix:

Le prix total moyen d'une installation de chauffage central se situe entre 8 000 et 20 000 € HT. Les prix varient en fonction :

- de l'installation existante;
- du type et de la puissance de la chaudière;
- du nombre de radiateurs;
- de la durée du chantier.

Les prix sont plus élevés en rénovation que dans le neuf en raison des contraintes techniques et des coûts de dépose de l'ancien matériel[10]

Chapitre II:

Présentation du projet

II-1 Introduction

Ce chapitre détaillera les spécifications techniques et le design du système de chauffage pour la maison, en choisissant les équipements et technologies appropriées. L'objectif est de garantir le confort thermique dans chaque zone de la maison tout en maximisant l'efficacité énergétique. La conception du système de chauffage tiendra compte de la répartition des espaces, de l'isolation thermique du bâtiment et des options de chauffage disponibles, comme un chauffage central au gaz, à l'électricité ou un chauffage par le sol.

II-2 But du projet :

Le présent projet a pour objectif d'étudier le système de chauffage d'une maison composée de deux niveaux (rez-de-chaussée et premier étage). L'étude se concentrera sur la définition des déperditions thermiques à compenser durant l'hiver, à travers chaque pièce de la maison, afin d'obtenir un confort thermique et de stabiliser la température à une valeur fixe.

Cette étude sera réalisée en fonction des conditions climatiques de la région, tout en respectant les principes d'aménagement définis dans les plans architecturaux de la maison.

II-3 Composition et répartition des pièces dans la maison

Rez-de-chaussée :

- **Cuisine** : Elle dispose également d'un système de chauffage central, avec la possibilité d'ajouter un chauffage d'appoint si nécessaire (comme des radiateurs ou une petite cheminée).
- **Salle de bain**: Comporte les installations sanitaires telles qu'un lavabo, un WC, et une douche, avec un chauffage adapté pour garantir le confort dans cette zone.
- **Chambres d'enfants**: chambres pour enfants, équipée d'un chauffage central, qui peut être individuel ou commun pour l'ensemble du rez-de-chaussée.

- **Entrée et couloirs**: Un couloir intérieur , également équipés d'un système de chauffage adéquat.
- **Chambres à coucher**: chambres principales, équipées d'un système de chauffage central (radiateurs ou chauffage par le sol) pour garantir une température confortable durant la nuit.
- **Salle de séjour**: Une pièce de taille moyenne avec de grandes fenêtres, équipée d'un système de chauffage complet pour le confort thermique de la famille.

II-4 Architecture et l'implantation géographique:

L'architecture dépend fortement du lieu où elle est construite. Le climat, le relief, les matériaux disponibles et la culture locale influencent la forme des bâtiments.

- Dans les régions chaudes, les maisons ont des murs épais et peu d'ouvertures pour garder la fraîcheur.
- Dans les zones froides, on construit avec de grandes fenêtres pour capter la lumière du soleil.
- En montagne, les bâtiments s'adaptent aux pentes.
- Près de la mer ou dans des zones humides, on peut construire sur pilotis.

La culture, la religion et les traditions locales jouent aussi un rôle important dans la façon de concevoir les espaces.

Le thème du projet consiste en l'étude et conception d'un système de chauffage central pour une maison individuelle (surface habitable : 85 m²). La maison se compose d'un rez-de-chaussée et d'un étage, avec une façade principale orientée vers le sud.

II-4-1 Architecture de la maison (le plan):

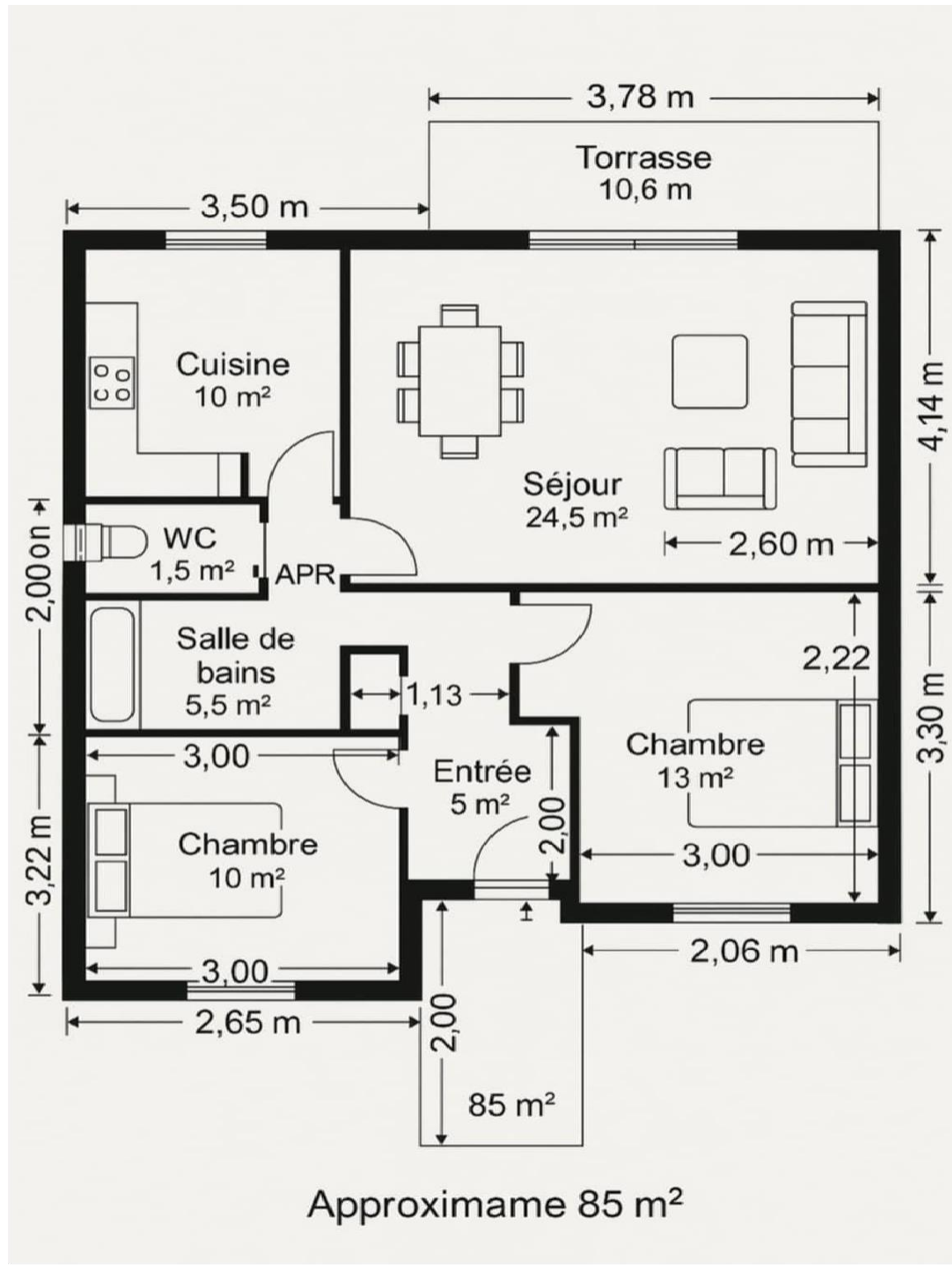


Figure II.1: plan de la maison

II-4-2 Situation géographique :

Notre projet se trouve à relizane, situe dans la zone climatique A : dont les conditions sont :

Tableau II.1 Conditions climatiques intérieures:

| Désignation | PERIODE HIVERNAL | |
|-------------------------------------------------------------------|------------------|--------|
| | Ti°(C°) | Φi (%) |
| Chambres à coucher,Salon et salle de séjour,chambres pour enfants | 21 | 50 |
| Cuisine,Salle de bain | 23 | 60 |

Données par le service d’expérimental de relizane:

Tableau II.2: Conditions climatiques extérieures:

| PERIODE HIVERNAL | | | | | |
|---------------------------|-----------------|---------------|----------------|---------------|------|
| L'humidité relative (φ %) | T° de base (C°) | Latitude (N°) | Longitude (E°) | Altitude (m) | zone |
| 80 | 15 | 35.75 | 0.55 | 100 | A |

Tableau II.3 Cahier de charge de maison :

| Destination de locaux | Hauteur (m)) | Surface (m2) | Températures (hiver) | Φi (%) |
|-----------------------|--------------|--------------|----------------------|--------|
| Séjour | 2.60 | 24.5 | 22 | 50 |
| Chambre 1 | 2.60 | 13 | 22 | 50 |
| Chambre 2 | 2.60 | 10 | 22 | 50 |
| Cuisine | 2.60 | 10 | 20 | 50 |
| Salle de bain | 2.60 | 5.5 | 18 | 60 |
| Hall | 2.60 | 5 | 20 | 50 |

| | | | | |
|----|------|-----|----|----|
| WC | 2.50 | 1.5 | 22 | 60 |
|----|------|-----|----|----|

II-5 système de chauffage:

Un système de chauffage est un ensemble de dispositifs et de composants qui travaillent ensemble pour transformer ou transférer de l'énergie thermique vers les espaces nécessitant de la chaleur. Il se compose généralement de plusieurs éléments principaux, notamment :

II-5-1 Le générateur de chaleur : comme les chaudières ou les chauffe-eaux qui produisent de la chaleur à partir de sources d'énergie telles que l'électricité, le gaz ou le pétrole.

II-5-2 Les tuyaux ou canalisations de distribution : qui transportent la chaleur du générateur vers les différents espaces à travers l'eau, l'air ou d'autres fluides.

II-5-3 Les dispositifs de contrôle : tels que les thermostats et les capteurs qui assurent la régulation de la température de l'espace.

II-5-4 La distribution locale de la chaleur : comme les radiateurs ou les climatiseurs qui diffusent la chaleur dans l'espace.

Ces composants fonctionnent ensemble pour garantir un chauffage efficace et sécurisé de l'espace désiré.[11]

II-6 Fonctionnement du système de chauffage central:

II-6-1 Chauffage du fluide :

- Le système commence par chauffer de l'eau ou de l'air dans une unité centrale, comme une chaudière (fonctionnant au gaz, à l'électricité ou au fioul) ou un four.

II-6-2 Transport de la chaleur :

- Dans un système à eau chaude, l'eau chauffée est pompée à travers un réseau de tuyaux vers les radiateurs situés dans les différentes pièces.

- Dans un système à air chaud, l'air est chauffé dans le four, puis circulé à travers des conduits d'air vers les pièces.

II-6-3 Distribution dans les pièces :

- Les radiateurs ou les convecteurs diffusent la chaleur dans l'air ambiant, augmentant ainsi la température des pièces.
- Dans un système à air, l'air chaud est directement diffusé dans les pièces via des conduits.

II-6-4 Contrôle de la température :

- La température de chaque pièce est contrôlée par un thermostat , qui peut être ajusté individuellement pour chaque pièce.
- Des vannes de régulation sont également utilisées pour ajuster le débit d'eau vers chaque radiateur selon les besoins.

II-6-5 Retour de l'eau froide :

- Dans les systèmes à eau chaude, une fois que l'eau a refroidi dans les radiateurs, elle est renvoyée à la chaudière pour être réchauffée à nouveau via des tuyaux de retour.[12]

II-6-6 Entretien :

- Le système nécessite un entretien régulier, comme le nettoyage des filtres dans les systèmes à air, ainsi que la vérification du niveau d'eau dans la chaudière ou la réparation des fuites dans les tuyaux.

Ainsi, la chaleur est répartie de manière uniforme dans tout le bâtiment grâce à une source centrale de chaleur

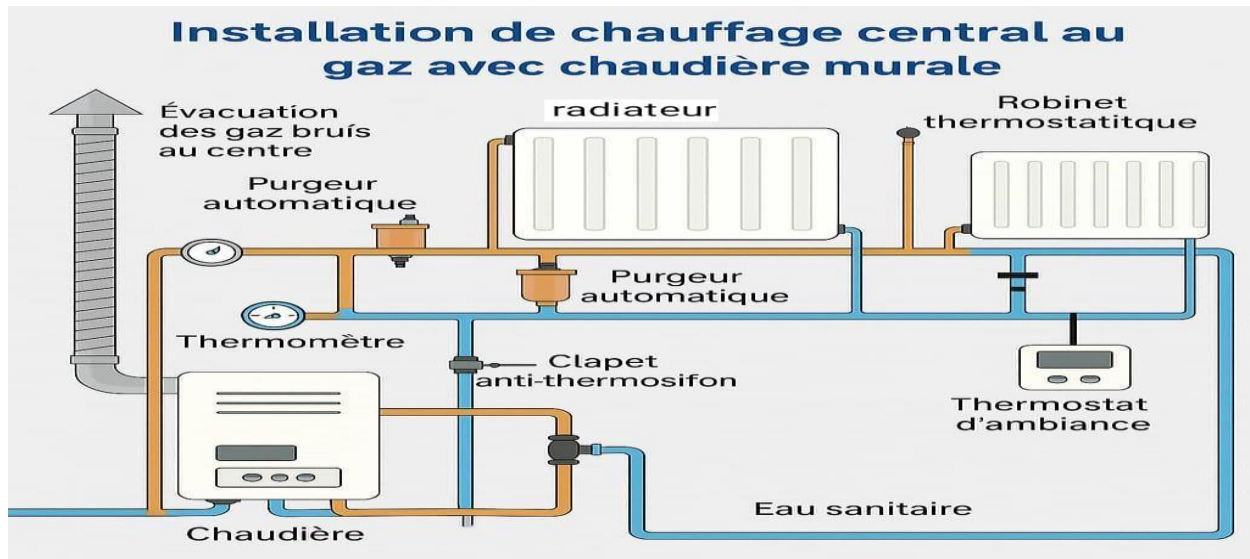


Figure II.2:Schéma de base de l'installation

II-7 organes de chauffage central:

II-7-1 Chaudière :

La chaudière est un appareil destiné à chauffer de l'eau, qui est ensuite utilisée pour alimenter un système de chauffage central, comme les radiateurs ou le plancher chauffant. Elle peut fonctionner à différents combustibles (gaz, fioul, bois, électricité) et est équipée d'un dispositif pour évacuer les gaz de combustion (fumées).

Doit être installée dans la cuisine près du mur extérieur pour faciliter l'évacuation des fumées [13]

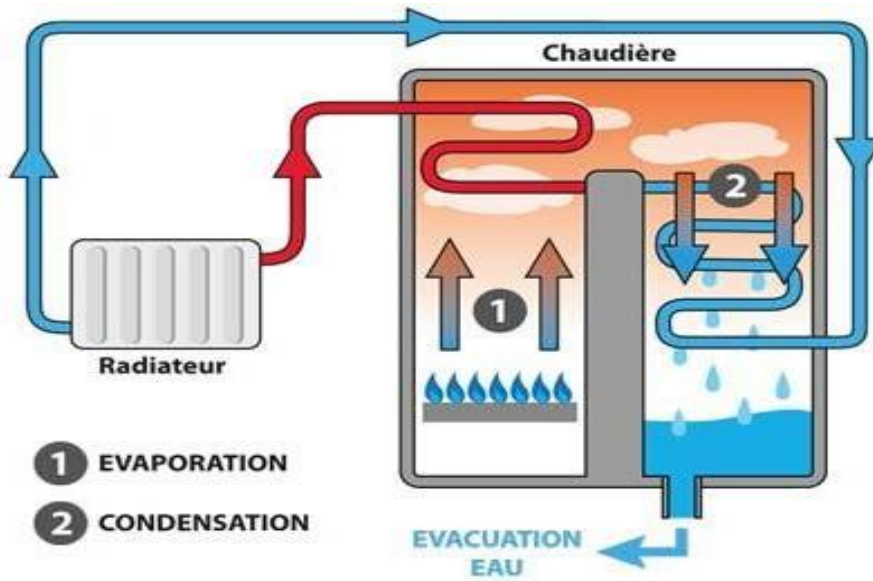


Figure II.3.: Chaudière

II-7-1-1 Type de chaudière :

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

- Classification par installation (chaudières à usage domestique)

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

- Classification par installation (chaudières à usage domestique) :

Il existe deux types d'installation de chaudières thermique :

a) Chaudières au sol :

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



Figure II.4: Chaudières au sol

b) Chaudières murales :

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



:Figure II-5: Chaudières murales

II-7-2 Vase d'expansion

Le vase d'expansion est un réservoir qui compense la dilatation de l'eau dans le circuit de chauffage lorsqu'elle se chauffe. Il permet de maintenir une pression constante dans le système en absorbant l'excédent d'eau ou en libérant de l'eau si

la pression devient trop faible. Cela évite la surpression et les risques de défaillance du système.

Doit être placé juste à côté de la chaudière, à l'intérieur de la cuisine.[14]

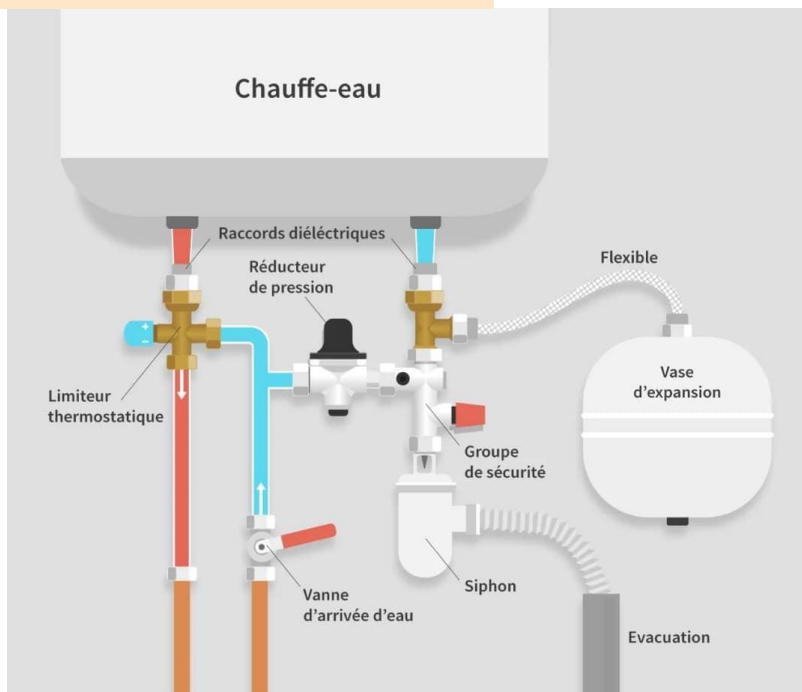
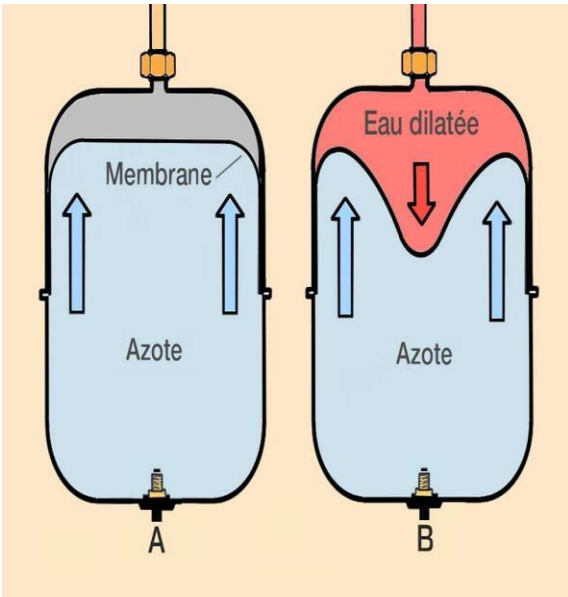


Figure II.5: Vase

d'expansion

II-7-3 Pompe de circulation

La pompe de circulation est un dispositif qui assure le mouvement de l'eau chaude dans le circuit de chauffage central. Elle permet de faire circuler l'eau à travers les radiateurs ou les planchers chauffants pour diffuser la chaleur dans l'ensemble du bâtiment. Elle est essentielle pour le bon fonctionnement du système de chauffage à eau chaude.

Doit également être proche de la chaudière dans la cuisine.

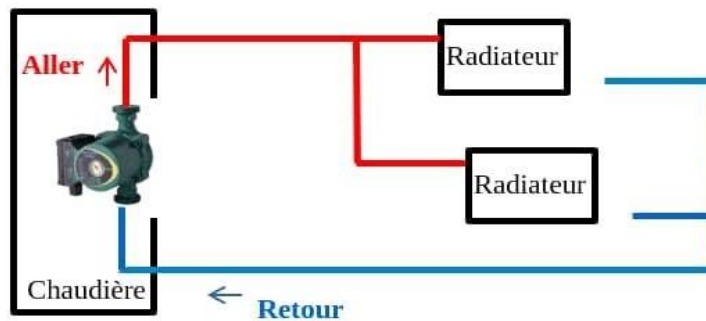


Figure II.6:Pompe de circulation

II-7-4 Tuyauterie

Les tuyaux (ou tuyauterie) constituent le réseau de transport de l'eau chaude ou froide à travers le système de chauffage. Ils sont généralement en cuivre, en acier ou en plastique, et servent à connecter la chaudière aux radiateurs ou autres émetteurs de chaleur. Les tuyaux doivent être correctement dimensionnés pour éviter les pertes de chaleur ou des problèmes de pression.

Les tuyaux partent de la cuisine et passent sous terre (ou dans les plafonds) vers toutes les pièces.

Ils sont classés selon le type du matériau de construction :

II-7-4-1 Tuyau en matière plastique PER :

Le tuyau en matériau plastique PER garantit une très bonne résistance à la pression, aux variations de températures, même les plus hautes, ce qui permet de l'utiliser autant en plomberie sanitaire que pour les installations de chauffage. Solide, faible. Le PER coute moins cher que le cuivre, il est rapide et simple à mettre en oeuvre. 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



Figure II.7: Tuau en matière plastique PER

II-7-4-2 Les tuyaux en cuivre :

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



Figure II.7:Tuyau en cuivre

II-7-4-3 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.



Figure II.8:Tuyau en l'acier noir

II-7-4-4 Tuyaux PPR :

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



Figure II.9:Tuyaux PPR

II-7-4-5 Tuyaux multicouche :

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

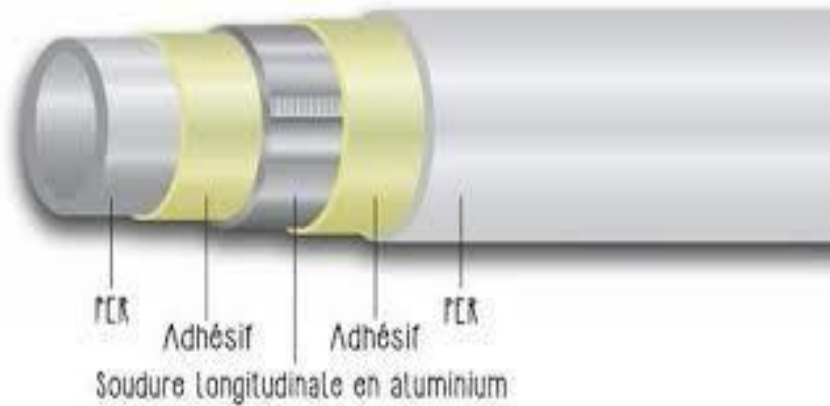


Figure II.10:Tuyaux multicouche :

II-7-5 Radiateurs

Les radiateurs sont des dispositifs de chauffage qui diffusent la chaleur dans une pièce en chauffant l'air ambiant par convection ou rayonnement. Ils peuvent être à eau chaude (fonctionnant avec le système de chaudière) ou électriques. Les radiateurs à eau chaude sont souvent en fonte, en acier ou en aluminium et sont placés dans des endroits stratégiques pour une répartition optimale de la chaleur.

→ Un sous la grande fenêtre dans le séjour.

- Un dans la chambre de 13 m² sous la fenêtre.
- Un dans la chambre de 10 m² sous la fenêtre.
- Un petit dans la salle de bains (peut-être un sèche-serviette).[15]

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

II-7-5-1 Les radiateurs en fonte :

Leur principal avantage est leur inertie thermique. La fonte étant un matériau très dense, elle est capable d'accumuler de la chaleur pour la restituer plus tard. Ceci permet de diminuer le temps pendant lequel le chauffage consomme du combustible. En contrepartie, la montée en température d'un radiateur en fonte est longue. Parmi les inconvénients, on peut également citer la masse importante du radiateur est son cout élevé. Le radiateur en fonte était le radiateur déréférence.



Figure II.11: radiateurs en fonte

II-7-5-2 Les radiateurs en acier :

Contrairement aux radiateurs en fonte, les modèles en acier sont plus réactifs. La montée en température est plus courte, procurant ainsi un meilleur confort plus rapidement. Parmi les avantages de ce radiateur est qu'il est léger et moins couteux qu'un radiateur en fonte.



Figure II.11:Les radiateurs en acier

II-7-5-3 Les radiateurs en aluminium :

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



Figure II.12:..Les radiateurs en aluminium :

II-7-6 Thermostat

Le thermostat est un dispositif de régulation de température qui permet de contrôler la température ambiante d'une pièce ou d'un bâtiment. Il fonctionne en activant ou désactivant le système de chauffage (ou de climatisation) en fonction de la température réglée par l'utilisateur. Les thermostats modernes peuvent être programmables et offrent des options de contrôle à distance.

Doit être placé dans le séjour, au centre du mur.

II-7-7. Purgeur d'air

Le purgeur d'air est un dispositif placé sur les points hauts du circuit de chauffage, notamment sur les radiateurs. Il permet d'éliminer l'air emprisonné dans les tuyaux, qui peut entraîner des dysfonctionnements comme des bruits ou des pertes d'efficacité du chauffage. L'air dans le système de chauffage doit être évacué pour assurer une circulation fluide de l'eau.

Il doit être situé près du haut des radiateurs ou dans les points les plus élevés du réseau de tuyauterie.

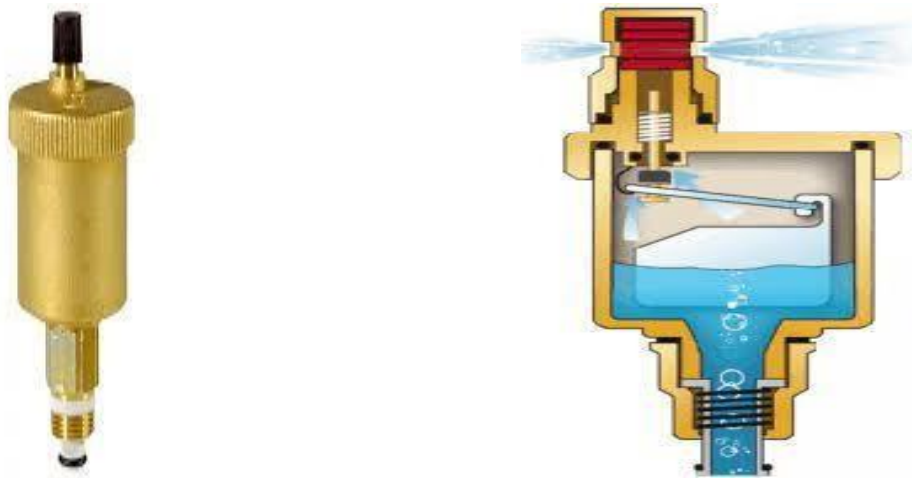


Figure II.13:Purgeur d'air

II-7-8 Soupape de sécurité

La soupape de sécurité est un dispositif de sécurité qui permet de libérer l'excédent de pression dans le système de chauffage lorsque celle-ci devient trop élevée. En cas de surpression, la soupape s'ouvre automatiquement pour évacuer

de l'eau, protégeant ainsi la chaudière et le système de chauffage contre les risques de défaillance ou d'explosion.

Doit être proche de la chaudière dans la cuisine.[17]

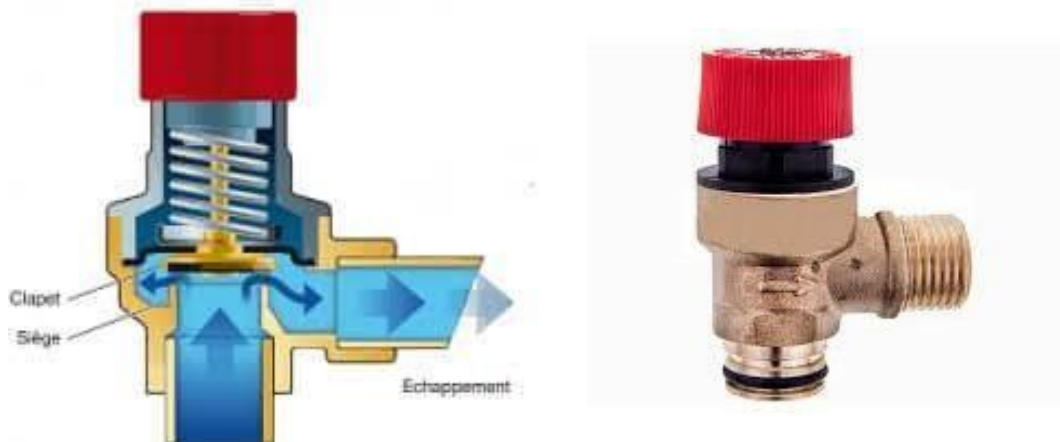


Figure II.14.:soupapr de sécurité

II-7-9. Conduit de fumée

Le conduit de fumée est un tuyau ou un canal destiné à évacuer les gaz de combustion produits par la chaudière vers l'extérieur. Ce conduit est essentiel pour éviter l'accumulation de gaz dangereux (comme le monoxyde decarbone) à l'intérieur du bâtiment. Il doit être installé selon des normes strictes de sécurité pour garantir son bon fonctionnement et éviter toute fuite.

Doit partir directement de la chaudière vers l'extérieur (mur arrière ou toit).[18]

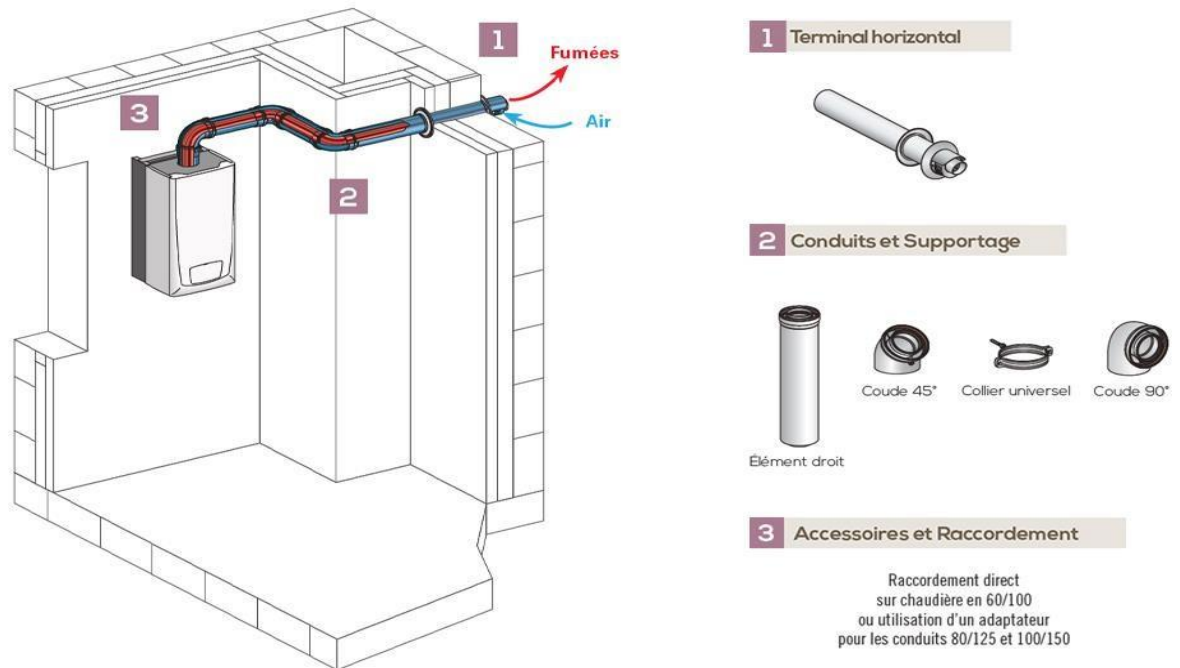


Figure II.15:Montage d'un Conduit de fumée

II-8 L'isolation thermique:

regroupe l'ensemble des techniques et matériaux utilisés pour **réduire les échanges de chaleur** entre un environnement intérieur et extérieur. Dans une habitation, cela signifie **limiter les pertes de chaleur en hiver** (afin de conserver la chaleur produite par le chauffage) et **empêcher la chaleur extérieure de pénétrer en été** (pour maintenir la fraîcheur intérieure).

Une bonne isolation thermique contribue à :

- **améliorer le confort** des occupants tout au long de l'année,
- **réduire la consommation d'énergie** (chauffage et climatisation),
- **diminuer les émissions de gaz à effet de serre**, en lien avec une utilisation moindre des énergies fossiles,
- **et valoriser le bien immobilier.**

Les principales zones à isoler dans un maison sont : les murs, la toiture, les planchers bas, les fenêtres et les ponts thermiques.**[19]**

exemples d'isolants thermiques: ouate de cellulose, laine de roche, laine de verre, bois, caoutchouc, polystyrène tc.

Les matériaux isolants contiennent des bulles ou des couches d'air

II-9 La laine de roche :

est un matériau isolant largement utilisé dans le domaine de la construction et de la rénovation énergétique. Grâce à ses performances thermiques et acoustiques exceptionnelles, elle est devenue un choix privilégié pour de nombreux projets.

L'élaboration de la laine de roche s'effectue à partir de roche volcanique (matières premières naturelles et abondantes) par fusion et fibrage. Laine de roche

La résistance au feu : incombustible, elle ne s'enflamme ni ne propage la flamme ; elle participe à la performance de résistance au feu des éléments de construction des bâtiments.

Le matériau laine de roche est particulièrement adapté à des applications nécessitant une forte résistance mécanique telles que toitures étanchées ou isolation thermo-acoustique des sols ainsi que pour les complexes d'isolation nécessitant une résistance au feu, complexes coupe-feu. [20]



Figure II.16: La laine de roche

II -9-1 les types de travaux utiliser la laine de roche:

- **Isolation des murs** : Elle est idéale pour l'isolation des murs, qu'ils soient intérieurs ou extérieurs. Les panneaux de laine offrent une excellente isolation thermique et phonique, améliorant le confort de votre habitat.
- **Isolation des combles et toitures** : En vrac ou en rouleaux, la laine de roche est utilisée pour isoler les combles perdus ou aménagés, garantissant une protection optimale contre les déperditions de chaleur.
- **Isolation des sols** : Elle permet d'isoler efficacement les planchers intermédiaires et les sols sur sous-sol, réduisant les ponts thermiques et améliorant l'isolation acoustique entre les étages.
- **Isolation des cloisons** : Associée à des plaques de plâtre, la laine de roche améliore l'isolation thermique et phonique des cloisons intérieures, contribuant à un meilleur confort acoustique.
- **Isolation des façades** : En isolation thermique par l'extérieur (ITE), elle protège les façades tout en améliorant l'esthétique du bâtiment.

II-10 Les pertes thermiques :

Les pertes thermiques sont le phénomène de perte d'énergie lorsque la température extérieure est inférieure à la température intérieure : la chaleur s'échappe plus ou moins de votre logement par ses points faibles. Dans un bâtiment mal isolé, les pertes thermiques se répartissent en moyenne de la façon suivante :

- * 25 à 30 % par la toiture
- * 20 à 25 % par les murs extérieurs
- * 20 à 25 % par les infiltrations d'air et la ventilation
- * 10 à 15 % par les parois vitrées

* 7 à 10 % par le plancher bas

* 5 à 10 % par les ponts thermiques [21]

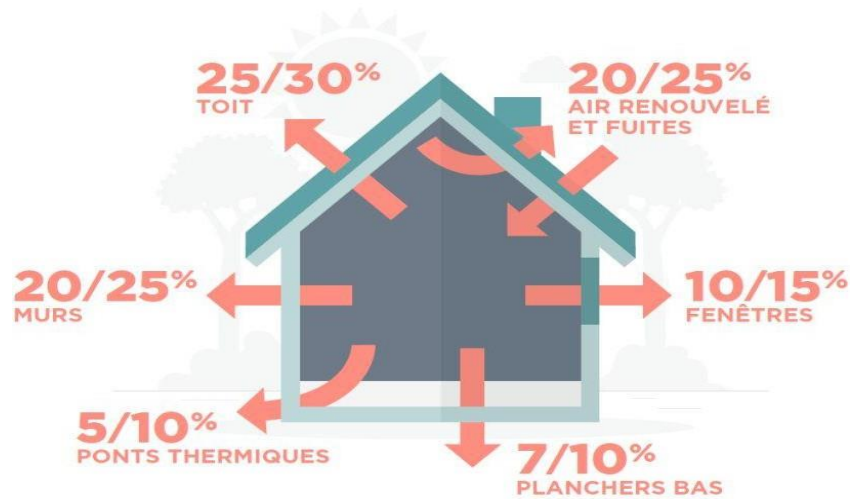


Figure II.17: Les pertes thermiques

Chapitre III:

Moyen de calcul les besoins
calorifique

III-1 Introduction :

Le transfert de chaleur joue un rôle fondamental dans la conception des bâtiments et dans le maintien du confort thermique des occupants, notamment dans les régions au climat contrasté comme la ville de Relizane. L'objectif de cette étude est d'analyser les différents modes de transmission de la chaleur — à savoir la conduction, la convection et le rayonnement — et d'évaluer les déperditions thermiques qui en résultent au sein d'un habitat.

À travers cette analyse, nous avons calculé les coefficients de transmission thermique surfaciques, linéiques et volumiques, en tenant compte des propriétés thermo-physiques des matériaux utilisés dans la construction (comme le plâtre, la laine de roche, le béton armé, etc.) ainsi que des caractéristiques climatiques de la région. Ces calculs reposent sur les lois fondamentales de la thermodynamique, telles que la loi de Fourier et la loi de Newton.

L'étude des différentes surfaces (murs, sols, plafonds, fenêtres et portes), ainsi que la prise en compte de la ventilation, nous a permis de déterminer avec précision les pertes thermiques dans chaque pièce du bâtiment. Ces résultats permettent non seulement de diagnostiquer les points faibles du bâtiment en matière d'isolation, mais aussi de proposer des solutions techniques pour améliorer la performance énergétique, réduire les coûts de chauffage, et garantir un confort thermique optimal.

III-2 Modes de transmission de la chaleur:

On distingue conventionnellement trois modes de transfert de chaleur ; la conduction, la convection et le rayonnement :

III-2-1 La conduction:

La conduction est un mode de transfert thermique qui concerne principalement les solides, mais peut également se manifester dans les fluides au repos. Elle se caractérise par un transfert de chaleur qui se fait de proche en proche, à travers la matière, par interaction directe entre les particules voisines (atomes ou

molécules).

La matière joue alors le rôle de conducteur thermique.

En régime permanent, la quantité de chaleur transmise est décrite par la loi de Fourier.

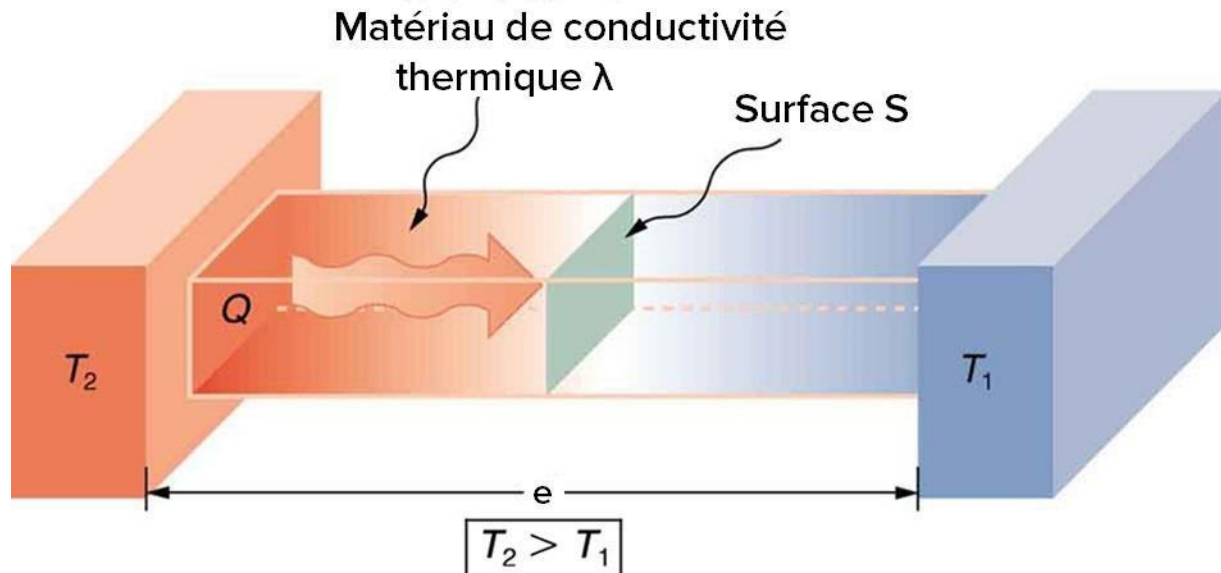


Figure III-1 : Transfère de chaleur Conduction

$$Q_{\text{cond}} = (\lambda/e) \cdot S \cdot (t_1 - t_2) \quad (\text{II-1}).$$

- Q : flux de chaleur transmise par conduction et exprimé en (w).
- λ : coefficient de conductivité thermique et exprimé en (w/m² . °C).
- e : épaisseur de la paroi en (m).
- $t_1 - t_2$: différence de températures des corps chaud et froid respectivement exprimée en (°C).
- S : surface d'échange exprimée en (m²)

III-2-2 La convection:

La convection est un mode de transfert de chaleur qui implique le déplacement des fluides, qu'ils soient liquides ou gazeux. Ce déplacement favorise les échanges

thermiques entre le fluide et une surface solide, et permet une meilleure répartition de la chaleur à l'intérieur du fluide grâce aux mouvements générés. On parle de convection naturelle (ou libre) lorsque le fluide se met en mouvement sous l'effet des variations de densité causées par les différences de température.

En revanche, si le mouvement est provoqué par un dispositif mécanique — tel qu'un agitateur, une pompe, un compresseur ou un ventilateur — on parle alors de convection forcée.

La quantité de chaleur transférée dans ce processus est exprimée par la loi de Newton

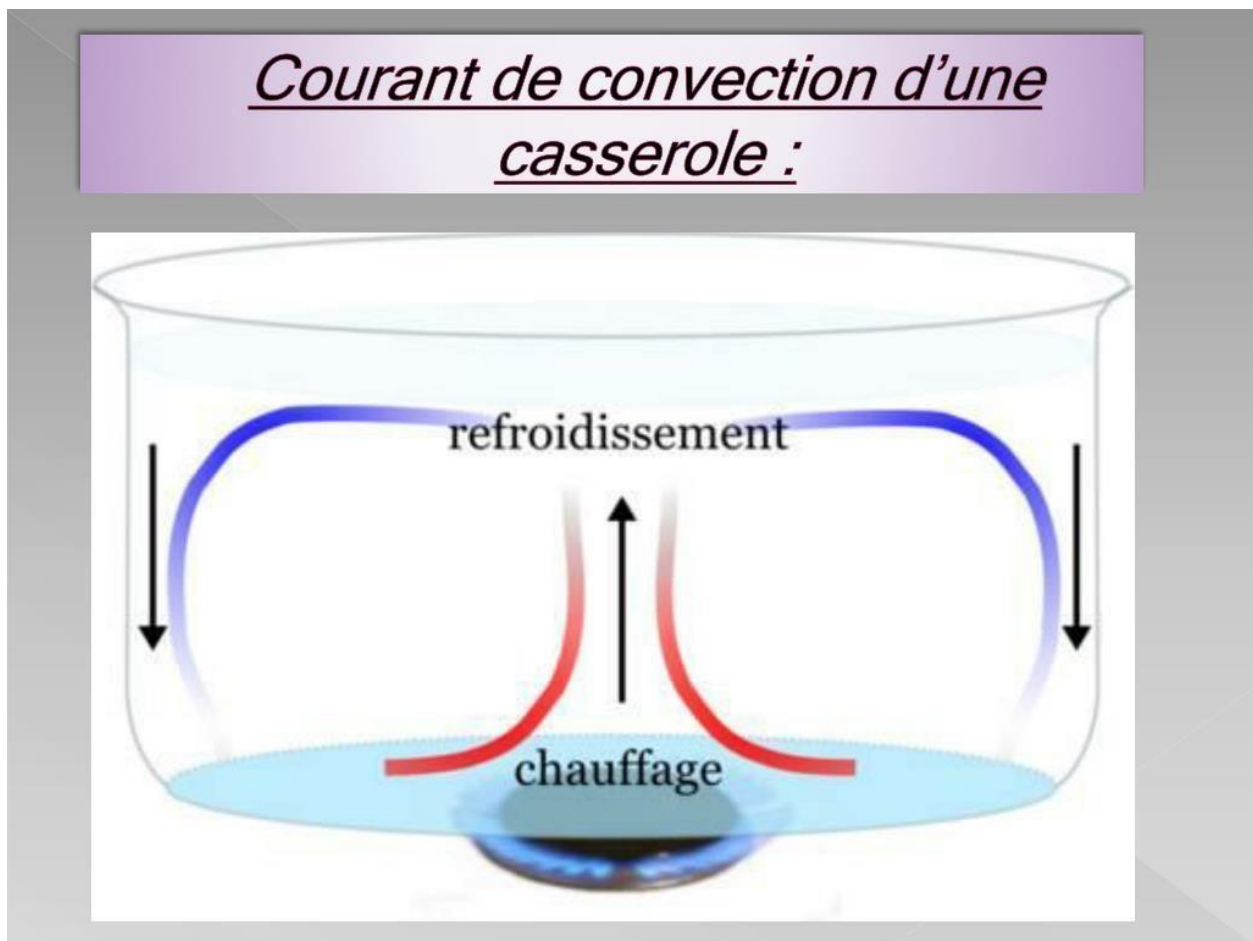


Figure III-2: Principe de la convection

$$Q_{\text{conv}} = h_c \cdot S \cdot (t_1 - t_2) \quad (\text{II-2}).$$

- Q_{conv} : flux de chaleur transmise par convection exprime en (w).
- h_c : coefficient de convection exprime en ($w/m^2 \cdot ^\circ C$).
- S : surface d'échange exprime en (m^2).
- t_1 et t_2 : températures du corps solide respectivement exprime en ($^\circ C$)

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

III-2-2-1 La pureté de l'air:

- Définition : Elle concerne la qualité de l'air intérieur (absence de CO_2 , poussières, COV, fumées, etc.).
- Effet sur le confort : Un air impur peut provoquer des inconforts respiratoires, des irritations, et même des maladies.
- Solutions :
 - Ventilation naturelle ou mécanique (VMC simple ou double flux).
 - Purificateurs d'air.

III-2-2-2 La température de l'air:

- Définition: Température ressentie par les occupants. Le confort optimal est entre $19^\circ C$ et $22^\circ C$.
- Effet sur le confort: Trop froid ou trop chaud entraîne inconfort, fatigue, mauvaise productivité.
- Facteurs influents:
 - Isolation thermique
 - Orientation du bâtiment
 - Puissance de chauffage

III-2-2-3 Le degré hygrométrique(ou humidité relative):

- Définition : Taux d'humidité dans l'air, exprimé en %.
- Zone de confort : Entre 40 % et 60 %.
- Effet sur le confort :
 - Trop sec : peau sèche, irritation des voies respiratoires.

- Trop humide : moisissures, sensation de froid.
- Solutions : humidificateurs ou déshumidificateurs.

III-2-2-4 Le mouvement de l'air(vitesse de l'air)

- Définition: Circulation de l'air perceptible (brise, courant d'air...).
- Zone de confort: Une vitesse <0,15 m/s en hiver et jusqu'à 0,25 m/s en été est confortable.
- Effet sur le confort :
 - En été : utile pour évacuer la chaleur corporelle (sensation de fraîcheur).
 - En hiver : peut donner une sensation de froid si non contrôlé.

III-3Calculs préliminaires :

Les calculs préliminaires jouent un rôle fondamental dans l'établissement d'un bilan thermique. En effet, les pertes de chaleur dépendent des coefficients de transmission surfacique. Il est donc indispensable d'identifier la composition de chaque paroi afin de pouvoir déterminer avec précision son coefficient de transmission thermique.

III-3-1 Les coefficients d'échange superficiel (ou coefficients de transfert thermique convectif):

sont des valeurs cruciales dans le dimensionnement thermique d'une installation de chauffage, de ventilation ou d'isolation. Ils expriment la capacité d'une surface à échanger de la chaleur avec l'air (ou un autre fluide), soit par convection intérieure ou extérieure.

- **Le coefficient d'échange superficiel est noté h** (en W/m²·K).
Il s'utilise dans la formule :

$$\Phi = h \cdot S \cdot (T_{\text{surface}} - T_{\text{air}})$$

où :

- Φ = flux thermique (W),
- h = coefficient d'échange (W/m²·K),
- S = surface d'échange (m²),

- $T_{\text{surface}}, T_{\text{air}}$ = températures de la surface et de l'air ($^{\circ}\text{C}$ ou K).

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

| Surface | Type d'échange | Coefficient h recommandé ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$) |
|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Mur intérieur | Convection naturelle | 2 à 3 |
| Mur extérieur (air calme) | Convection naturelle extérieure | 5 à 10 |
| Mur extérieur (air en mouvement) | Convection forcée extérieure (vent) | 15 à 25 |
| Plafond (air immobile) | Convection naturelle | 2 à 5 |
| Fenêtre intérieure | Convection naturelle | 2 à 4 |
| Fenêtre extérieure | Convection + rayonnement | 15 à 20 |

III-3-2 Coefficients de transmission surfacique :

La détermination du coefficient de transmission surfacique global d'une paroi quelconque constituée de plusieurs couches supposées parfaitement accolées et

séparatrice de deux ambiances (intérieur et extérieur) de température différente est donné par la relation :

$$U = 1/R_{total} \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

où :

R_{total} = résistance thermique totale ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$), incluant :

- l'épaisseur et la conductivité des matériaux,
- les résistances superficielles intérieure et extérie

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

Avec: $\sum R_i = \sum e_i / \lambda_i$ ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$).

- $1/h_i$ et $1/h_e$: les résistances thermiques d'échanges superficiels intérieur et extérieur
- λ : conductivité thermique ($\text{W/m} \cdot \text{K}$).
- e : l'épaisseur de la ième couche de la paroi (m).

III-3-3 Les valeurs des résistances thermiques d'échanges superficielles:

Les résistances thermiques d'échange superficiel représentent l'opposition à la transmission de chaleur par convection et rayonnement entre l'air et une surface.

Elles sont désignées par :

- R_{si} = résistance superficielle intérieure (côté air intérieur),
- R_{se} = résistance superficielle extérieure (côté air extérieur).

Elles s'expriment en $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Tableau III-2 Valeurs normalisées (standards internationaux et adaptées au climat de Relizane):

| Type de surface | Rsi (intérieur) | Rse (extérieur) |
|------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Paroi horizontale vers le haut (plafond) | 0,10 m ² ·K/W | 0,04 m ² ·K/W |
| Paroi verticale (mur, fenêtre) | 0,13 m ² ·K/W | 0,04 m ² ·K/W |
| Paroi horizontale vers le bas (plancher) | 0,17 m ² ·K/W | sol considéré comme semi-infini) |
| Toiture inclinée ou plate | 0,10 à 0,13 m ² ·K/W | 0,04 m ² ·K/W |
| Fenêtres | 0,13 m ² ·K/W | 0,04 m ² ·K/W |

Ces valeurs sont fixes et sont utilisées dans les calculs de U global:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_{matériaux} + R_{se}}$$

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

| Paroi en contact avec_ | ♣ L'intérieur | | | ♣ L'extérieur | | |
|-----------------------------------|---------------|--------|-----------------|---------------------|--------|-----------------|
| | ♣ Un comble | | | ♣ Un passage ouvert | | |
| 1/h en(m2 .°C/W) Type de paroi | 1/hint | 1/hext | 1/hint + 1/hext | 1/hint | 1/hext | 1/hint + 1/hext |
| Mur (latéral) | 0.11 | 0.11 | 0.22 | 0.11 | 0.06 | 0.17 |
| Toiture (Flux ascendant) | 0.09 | 0.09 | 0.18 | 0.09 | 0.05 | 0.14 |
| Plancher | 0.17 | 0.17 | 0.34 | 0.17 | 0.05 | 0.22 |

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

Tableau III.4 : Valeurs du coefficient Uk pour les portes et les fenêtres

| Description | Menuiserie | Coefficient Uk (W/m2 °C) |
|-------------|------------|--------------------------|
| Portes | Bois | <u>3.7</u> |

| | | |
|--------------------|------|------------|
| Fenêtres | Bois | <u>2.4</u> |
| Fenêtres sanitaire | Bois | <u>1.2</u> |

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

Tableau III.5 :Caractéristique des différents matériaux de construction utilisés

| Désignation | Composition | Epaisseur (m) | Cond. thermique λ (W/m°C) | ΣRi (m ² c/W) | $uk = \frac{1}{\frac{1}{hi} + \Sigma Ri + 1/he}$ |
|----------------|-----------------------------------------|---------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|
| Murs extérieur | -2 plaques de plâtre - laine de roche | 0.026 | 0.25 | 1,597506494 | 0,57 |
| | | 0.05 | 0.042 | | |
| | - béton armé | 0.17 | 1.65 | | |
| | -béton préfabriqué | 0.33 | 1.65 | | |
| Murs intérieur | -2 plaques de plâtre - laine de roche - | 0.026 | 0.25 | 2,691982684 | 0,34 |
| | béton armé - | 0.05 | 0.042 | | |
| | laine de roche -2 | 0.17 | 1.65 | | |
| | plaques de plâtre | 0.05 | 0.042 | | |
| | | 0.026 | 0.25 | | |

| | | | | | |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------|-------------|------|
| Plancher (sol) - | plâtre -dalle de compression de béton courant +hourdis - revêtement granite | 0.02 | 0.35 | 0.22714286 | 1,76 |
| | | 0.2 | R=0.14 | | |
| | | 0.04 | 1 | | |
| Mur sanitaires | - plâtre - brique creuse – plâtre | 0.02 | 0.35 | 0,214 | 2,3 |
| | | 0.05 | R=0.10 | | |
| | | 0.02 | 0,35 | | |
| Plancher Terrasse | (Plafond) - gravier - laine de roche - béton léger - dalle de compression de béton courant+ hourdis – plâtre | 0.09 | 0.4 | 1.944446429 | 0,46 |
| | | 0.06 | 0.042 | | |
| | | 0.15 | 1.6 | | |
| | | 0.2 | R=0.14 | | |
| | | 0.02 | 0.35 | | |

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

➤ **Exemple de calcul :**

| Mur intérieur | | | |
|---------------|-------------------------|-------|----------------------------|
| N° | Constituants | e(m) | $\lambda(W/m^2\text{° C})$ |
| 1 | 2 Plaque de plâtre ba13 | 0.026 | 0.25 |
| 2 | Laine de roche | 0.05 | 0.042 |

| | | | |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------|-------|-------|
| 3 | Béton armé | 0.17 | 1.65 |
| 4 | Laine de roche | 0.05 | 0.042 |
| | 2 Plaque de plâtre ba13 | 0.026 | 0.25 |
| $U_k = 1 / (0.22 + \sum R_i) = 0.34 \text{ W/m}^2\text{°C}$ | | | |

III-4 calculs des déperditions :

Le calcul d'un bilan thermique permet de connaître avec précision la quantité d'énergie qu'il faudra pour chauffer un local, la justesse de ce calcul est primordiale non seulement pour le coût de l'installation, mais aussi pour son exploitation. Dans cette étude on va calculer trois sortes de déperditions surfaciques, linéique, volumique. On va maintenant voir les différents types de pièces avec leur Température intérieure et là Température extérieure et la différence entre la Température intérieure et extérieure (ΔT).

La température extérieure de base dépend essentiellement à la zone climatique de la région et suivant l'altitude du lieu considéré. dans notre calcul la température extérieure de base à prendre en considération est de -2 0C dans la région de RELIZANE, d'après les renseignements donnés par le centre météorologique d'Oran

| Type de pièce | Température intérieure de base (°C) | Température extérieure Text (°C) | $\Delta T(^{\circ}C)=(T_{int} - T_{ext})$ |
|---------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|
| Chambre 1 | 20 | -2 | 22 |
| Chambre 2 | 20 | -2 | 22 |
| Cuisine | 16 | -2 | 18 |
| Hall | 18 | -2 | 20 |
| Séjour | 20 | -2 | 22 |
| S.D.B | 22 | -2 | 24 |

III-4-1 Déperdition surfacique:

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

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

III-4-1-1 Surface des portes et fenêtres :

- **Portes** : $S=1.80m^2$

- **Fenêtres** : $S=1.5m^2$

- **L'ensemble des deux fenêtres sanitaires** : $S=0.5m^2$

| Chambre 1 | Désignation | Surface (m ²) | Uk (W/m ² °C)) | ΔT (°C) | Calculs | Déperditions en (W) |
|-----------|-------------|---------------------------|---------------------------|-----------|---------------------|---------------------|
| | Mur extr | 13 | 0.57 | 22 | 13*0.57*22 | 163.02 |
| | Fenêtre | 1.5 | 2.5 | 22 | 1.5*2.5*22 | 82.5 |
| | Porte | 1.80 | 3.7 | 22 | 1.80*3.7*22 | 146.52 |
| | Sol | 16.3 | 1.76 | 22 | 16.3*1.76*22 | 631.136 |
| | Plafond | 16.3 | 0.46 | 22 | 16.3*0.46*22 | 164.956 |
| | | | | | Total | 1188.132 |

| Chambre 2 | Désignation | Surface (m ²) | Uk (W/m ² °C) | ΔT (°C) | Calculs | Déperditions en (W) |
|-----------|-------------|---------------------------|--------------------------|-----------|---------------------|---------------------|
| | Mur extr | 10 | 0.57 | 22 | 10*0.57*22 | 125.4 |
| | Fenêtre | 1.5 | 2.5 | 22 | 1.5*2.5*22 | 82.5 |
| | Porte | 1.80 | 3.7 | 22 | 1.80*3.7*22 | 146.52 |
| | Sol | 13.3 | 1.76 | 22 | 13.3*1.76*22 | 514.976 |
| | Plafond | 13.3 | 0.46 | 22 | 13.3*0.46*22 | 134.596 |
| | | | | | Total | 1003.992 |

| Cuisine | Désignation | Surface (m ²) | Uk (W/m ² °C) | ΔT (°C) | Calculs | Déperditions en (W) |
|---------|-------------|---------------------------|--------------------------|-----------|---------------------|---------------------|
| | Mur extr | 10 | 0.57 | 18 | 10*0.57*18 | 102.6 |
| | Fenêtre | 1.5 | 2.5 | 18 | 1.5*2.5*18 | 67.5 |
| | Porte | 1.80 | 3.7 | 18 | 1.80*3.7*18 | 119.88 |
| | Sol | 13.3 | 1.76 | 18 | 13.3*1.76*18 | 421.344 |
| | Plafond | 13.3 | 0.46 | 18 | 13.3*0.46*18 | 110.124 |
| | | | | | Total | 821.448 |

| Hall | Désignation | Surface (m ²) | Uk (W/m ² °C) | ΔT (°C) | Calculs | Déperditions en (W) |
|------|-------------|---------------------------|--------------------------|-----------|--------------------|---------------------|
| | Mur extr | 5 | 0.57 | 20 | 5*0.57*20 | 57 |
| | Fenêtre | 1.5 | 2.5 | 20 | 1.5*2.5*20 | 75 |
| | Porte | 1.80 | 3.7 | 20 | 1.80*3.7*20 | 133.2 |
| | Sol | 8.3 | 1.76 | 20 | 8.3*1.76*20 | 292.16 |
| | Plafond | 8.3 | 0.46 | 20 | 8.3*0.46*20 | 76.36 |
| | | | | | Total | 633.72 |

| Séjour | Désignation | Surface (m ²) | Uk (W/m ² °C) | ΔT (°C) | Calculs | Déperditions en (W) |
|--------|-------------|---------------------------|--------------------------|-----------|---------------------|---------------------|
| | Mur extr | 24.5 | 0.57 | 22 | 24.5*0.57*22 | 307.23 |
| | Fenêtre | 1.5 | 2.5 | 22 | 1.5*2.5*22 | 82.5 |
| | Porte | 1.80 | 3.7 | 22 | 1.80*3.7*22 | 146.52 |
| | Sol | 27.8 | 1.76 | 22 | 27.8*1.76*22 | 1076.416 |
| | Plafond | 27.8 | 0.46 | 22 | 27.8*0.46*22 | 281.336 |
| | | | | | Total | 1894.002 |

| S.D.B | Désignation | Surface (m ²) | Uk (W/m ² °C) | ΔT (°C) | Calculs | Déperditions en (W) |
|-------|-------------|---------------------------|--------------------------|---------|---------|---------------------|
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|--|----------|------|------|----|-------------|---------|
| | Mur extr | 5.5 | 0.57 | 24 | 5.5*0.57*24 | 75.24 |
| | Fenêtre | 1.5 | 2.5 | 24 | 1.5*2.5*24 | 90 |
| | Porte | 1.80 | 3.7 | 24 | 1.80*3.7*24 | 159.84 |
| | Sol | 8.8 | 1.76 | 24 | 8.8*1.76*24 | 371.712 |
| | Plafond | 8.8 | 0.46 | 24 | 8.8*0.46*24 | 97.152 |
| | | | | | Total | 793.944 |

III.4.2 Déperdition linéique :

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

Coefficient de transmission linéique Ψ

- Φ linéique : déperdition thermique en W
- Ψ (psi) : coefficient linéique (W/m·K)
- L : longueur du pont thermique (m)
- ΔT : différence de température intérieur-extérieur (°C)

La déperdition linéique, également appelée pont thermique linéaire, désigne les pertes de chaleur localisées au niveau des jonctions entre différents éléments du bâtiment, tels que les raccords entre murs et planchers, murs et toitures, angles ou encore les encadrements de fenêtres. Lorsqu'ils ne sont pas correctement traités, ces ponts thermiques peuvent représenter entre 20 et 30 % des pertes énergétiques globales d'un maison.

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

| Chambre 1 | Désignation | Longueur (m) | Ψ (W/m°.C) | ΔT (°C) | Calculs | Déperditions en (W) |
|-----------|---------------|--------------|-----------------|-----------------|-------------|---------------------|
| | Plancher haut | 3.7 | 0.80 | 22 | 3.7*0.80*22 | 65.12 |

| | | | | | | |
|--|--------------|-----|------|----|---------------|---------------|
| | Plancher bas | 3.7 | 0.60 | 22 | $3.7*0.60*22$ | 48.84 |
| | | | | | Total | 113.96 |

| Chambre 2 | Désignation | Longueur (m) | $\Psi(W/m^{\circ}.C)$ | $\Delta T (^{\circ}C)$ | Calculs | Déperditions en (W) |
|-----------|---------------|--------------|-----------------------|------------------------|---------------|---------------------|
| | Plancher haut | 3.3 | 0.80 | 22 | $3.3*0.80*22$ | 58.08 |
| | Plancher bas | 3.3 | 0.60 | 22 | $3.3*0.60*22$ | 43.56 |
| | | | | | Total | 101.64 |

| Cuisine | Désignation | Longueur (m) | $\Psi(W/m^{\circ}.C)$ | $\Delta T (^{\circ}C)$ | Calculs | Déperditions en (W) |
|---------|---------------|--------------|-----------------------|------------------------|---------------|---------------------|
| | Plancher haut | 3.3 | 0.80 | 18 | $3.3*0.80*18$ | 47.52 |
| | Plancher bas | 3.3 | 0.60 | 18 | $3.3*0.60*18$ | 35.64 |
| | | | | | Total | 83.16 |

| Hall | Désignation | Longueur (m) | $\Psi(W/m^{\circ}.C)$ | $\Delta T (^{\circ}C)$ | Calculs | Déperditions en (W) |
|------|---------------|--------------|-----------------------|------------------------|---------------|---------------------|
| | Plancher haut | 2.5 | 0.80 | 20 | $2.5*0.80*20$ | 40 |
| | Plancher bas | 2.5 | 0.60 | 20 | $2.5*0.60*20$ | 30 |
| | | | | | Total | 70 |

| Séjour | Désignation | Longueur (m) | $\Psi(W/m^{\circ}.C)$ | $\Delta T (^{\circ}C)$ | Calculs | Déperditions en (W) |
|--------|-------------|--------------|-----------------------|------------------------|---------|---------------------|
|--------|-------------|--------------|-----------------------|------------------------|---------|---------------------|

| | | | | | | |
|--|---------------|-----|------|----|-------------|-------|
| | Plancher haut | 5.5 | 0.80 | 22 | 5.5*0.80*22 | 96.8 |
| | Plancher bas | 5.5 | 0.60 | 22 | 5.5*0.60*22 | 72.6 |
| | | | | | Total | 169.4 |

| S.D.B | Désignation | Longueur (m) | Ψ (W/m°C) | ΔT (°C) | Calculs | Déperditions en (W) |
|-------|---------------|--------------|----------------|-----------------|-------------|---------------------|
| | Plancher haut | 2.5 | 0.80 | 24 | 2.5*0.80*24 | 48 |
| | Plancher bas | 2.5 | 0.60 | 24 | 2.5*0.60*24 | 36 |
| | | | | | Total | 84 |

III-4-3 Déperdition volumique

La déperdition volumique représente essentiellement les pertes de chaleur causées par le renouvellement de l'air (ventilation) dans un bâtiment. Elle dépend du volume de la pièce, du taux de renouvellement d'air, ainsi que de l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur.

- **Formule des déperditions volumiques (ventilation):**

$$\Phi_{\text{ventilation}} = 0,34 \times n \times V \times \Delta T$$

Où :

- Φ : déperdition thermique en watts (W)
- 0,34 : coefficient lié à la chaleur spécifique de l'air (W·h/m³·K)
- n : taux de renouvellement d'air (volumes/h)
 - ex : 1 vol/h pour une maison standard
- V: volume de la pièce (en m³)
- ΔT : écart de température (°C)

- La hauteur pour chaque pièce :

| | | | | | | |
|---------|-----------|-----------|---------|------|--------|-------|
| | Chambre 1 | Chambre 2 | Cuisine | Hall | Séjour | S.D.B |
| Hauteur | 2.60 | 2.60 | 2.60 | 2.60 | 2.60 | 2.50 |

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

| | | | | | |
|-------------|----------------------|--------------|---------|--------------|---------------------|
| (Chambre 1) | Désignation | Volume (m3) | ΔT (°C) | Calculs | Déperditions en (W) |
| | Renouvellement d'air | 33.8 | 22 | 0.34*33.8*22 | 252.824 |

| | | | | | |
|-----------|----------------------|--------------|-----------|------------|---------------------|
| Chambre 2 | Désignation | Volume (m3) | ΔT (°C) | Calculs | Déperditions en (W) |
| | Renouvellement d'air | 26 | 22 | 0.34*26*22 | 194.48 |

| | | | | | |
|---------|----------------------|--------------|---------|------------|---------------------|
| Cuisine | Désignation | Volume (m3) | ΔT (°C) | Calculs | Déperditions en (W) |
| | Renouvellement d'air | 26 | 18 | 0.34*26*18 | 159.12 |

| | | | | | |
|------|----------------------|--------------|---------|------------|---------------------|
| Hall | Désignation | Volume (m3) | ΔT (°C) | Calculs | Déperditions en (W) |
| | Renouvellement d'air | 13 | 20 | 0.34*13*20 | 88.4 |

| | | | | | |
|--------|-------------|--------------|---------|---------|---------------------|
| Séjour | Désignation | Volume (m3) | ΔT (°C) | Calculs | Déperditions en (W) |
|--------|-------------|--------------|---------|---------|---------------------|

| | | | | | |
|--|----------------------|------|----|--------------------|---------|
| | Renouvellement d'air | 63.7 | 22 | $0.34 * 63.7 * 22$ | 476.476 |
|--|----------------------|------|----|--------------------|---------|

| S.D.B | Désignation | Volume (m3) | ΔT (°C) | Calculs | Déperditions en (W) |
|-------|----------------------|--------------|-----------------|--------------------|---------------------|
| | Renouvellement d'air | 14.3 | 24 | $0.34 * 14.3 * 24$ | 116.688 |

III-4-4 Total des déperditions :

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

$$DT = DS + DL + DV$$

Les résultats sont donnés dans les tableaux suivants :

| Chambre 1 | Déperditions surfacique (DS) | Déperditions linéique (DL) | Déperditions volumique (DV) | |
|-----------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------|
| | 1188.132 | 113.96 | 252.824 | |
| | | | Total | 1554.91 |

| Chambre 2 | Déperditions surfacique (DS) | Déperditions linéique (DL) | Déperditions volumique (DV) | |
|-----------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|
| | 1003.992 | 101.64 | 194.48 | |
| | | | Total | 1300.112 |

| Cuisine | Déperditions surfacique (DS) | Déperditions linéique (DL) | Déperditions volumique (DV) |
|---------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | |

| | | | | |
|--|----------------|-------|--------|----------------|
| | 821.448 | 83.16 | 159.12 | |
| | | | Total | 1063.72 |

| | | | | |
|------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------|
| Hall | Déperditions surfacique (DS) | Déperditions linéique (DL) | Déperditions volumique (DV) | |
| | 633.72 | 70 | 88.4 | |
| | | | Total | 792.12 |

| | | | | |
|--------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|
| Séjour | Déperditions surfacique (DS) | Déperditions linéique (DL) | Déperditions volumique (DV) | |
| | 1894.002 | 169.4 | 476.476 | |
| | | | Total | 2539.878 |

| | | | | |
|-------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------|
| S.D.B | Déperditions surfacique (DS) | Déperditions linéique (DL) | Déperditions volumique (DV) | |
| | 793.944 | 84 | 116.688 | |
| | | | Total | 994.62 |

III-5 Conclusion:

La collecte des données climatiques ainsi que la localisation géographique de la maison nous ont permis d'établir une prévision des températures intérieures et extérieures de référence à considérer dans l'étude.

Le calcul des coefficients de transmission thermique — qu'ils soient surfaciques, linéiques ou volumiques — repose sur la connaissance des propriétés thermo-physiques des matériaux constituant les parois. Ces matériaux peuvent être homogènes (comme le plâtre ou le béton) ou hétérogènes (comme la brique ou la laine de roche).

CHAPITRE IV:

Bilans thermique

IV-1 Partie théorique :

Pour commencer, il est essentiel de déterminer la puissance nécessaire de chaque radiateur afin d'assurer un chauffage efficace des différentes pièces de la maison. La puissance, exprimée en watts, constitue un critère fondamental pour choisir un radiateur adapté aux besoins thermiques de chaque espace.

Un radiateur sous-dimensionné ne permettra pas d'atteindre une température confortable, tandis qu'un radiateur surdimensionné entraînera une surconsommation énergétique inutile ainsi qu'un encombrement excessif.

La puissance requise dépend principalement de deux éléments : la température ambiante souhaitée et le volume de la pièce à chauffer, exprimé en mètres cubes (m³).

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

IV-1-1 Puissance des radiateurs :

- Etape 1 : La température ambiante souhaitée :

La température ambiante idéale pour une pièce est une indication générale. Nous admettons que la règle suivante s'applique lorsque l'on souhaite chauffer l'espace concerné

Tableau IV-1 température ambiante pour chaque espace:

| Espace | Température recommandée (°C) | Nombre requis de watts par m3 |
|-----------|------------------------------|-------------------------------|
| Chambre 1 | 22 | 50 |
| Chambre 2 | 22 | 50 |
| Cuisine | 18 | 50 |
| Hall | 20 | 50 |
| Séjour | 22 | 50 |
| S.D.B | 24 | 60 |

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

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

IV-1-1-1 Volume de chaque chambre :

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

*Longueur * Largeur * Hauteur (m3) → L * b * H (m3)*

Tableau IV.2 : Volume de chaque chambre:

| Espace | Volume (m3) |
|-----------|--------------|
| Chambre 1 | 33.8 |
| Chambre 2 | 26 |
| Cuisine | 26 |
| Hall | 13 |
| Séjour | 63.7 |
| S.D.B | 13.75 |

IV-1-2 Puissance des radiateurs :

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

Puissance (P) = Volume (V) * nombre requis de watts

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

| Espace | Volume (m3) | Nombre requis de watts par m3 | Puissance (watts) |
|-----------|--------------|-------------------------------|-------------------|
| Chambre 1 | 33.8 | 60 | 2028 |
| Chambre 2 | 26 | 60 | 1560 |
| Cuisine | 26 | 60 | 1560 |
| Hall | 13 | 60 | 780 |

| | | | |
|--------|-------|----|------|
| Séjour | 63.7 | 60 | 3822 |
| S.D.B | 13.75 | 70 | 825 |

Pour déterminer le nombre de radiateurs à installer dans chaque pièce, il convient tout d'abord de prendre en compte la puissance des radiateurs, ainsi que la surface et le volume de chaque pièce.

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

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

Tableau VI.5 : Nombre de radiateur et leur puissance:

| Désignation | Surface (m2) | Volume (m3) | $\Delta T(^{\circ}C) = T_{int} - (-$ Text) | Nombre de radiateur et leur puissance |
|-------------|---------------|--------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| Chambre 1 | 13 | 33.8 | 20 | 1 radiateurs de 1000w |
| Chambre 2 | 10 | 26 | 20 | 1 radiateurs de 1000w |
| Cuisine | 10 | 26 | 16 | 1 radiateurs de 1000w |
| Hall | 5 | 13 | 18 | 1 radiateurs de 750w |
| Séjour | 24.5 | 63.7 | 20 | 2 radiateurs de 1000w |
| S.D.B | 5.5 | 13.75 | 22 | 1 radiateurs de 750w |

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

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

IV.1.3 Puissance de la chaudière :

Pour garantir une production efficace d'eau chaude sanitaire et assurer un chauffage optimal de la maison, il est essentiel de déterminer la puissance la mieux adaptée au logement. Pour ce faire, il est nécessaire d'évaluer le niveau d'isolation de la maison. C'est pourquoi nous allons examiner ci-dessous les différents coefficients d'isolation thermique (U).

- Les coefficients d'isolation (U) :
 - 0.3 : isolation exceptionnelle
 - 1.15 : maison normalement isolée
 - 1.8 : maison non isolée (murs, combles) et à menuiseries simples vitrage

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

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

P = Puissance théorique

U = Coefficient d'isolation de la maison

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

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

- Pour cette maison normalement isolée, de 85 m², hauteur sous plafond standard (2m90), température souhaité (ambiante) $T_{amb} = 22^{\circ}\text{C}$, température extérieur $T_{ext} = 2^{\circ}\text{C}$, on fait le calcul suivant :

$$U = 1.15$$

$$\Delta T = 24 - 22$$

$$V = 85 \times 2.90 = 246.5 \text{ m}^3$$

$$P = 1.15 * 24 * 246.5 = 6803.4 \text{ watts soit environ } 7 \text{ kw}$$

IV-2 Partie expérimentale :

Pour bien choisir un radiateur ou un corps de chauffe, il est essentiel d'adapter ses dimensions à la température de l'eau fournie par le système de chauffage. En effet, la performance réelle d'un radiateur dépend directement de la température de l'eau qui y circule. Conformément à la norme européenne EN 442, les équipements de chauffage (tels que les chaudières, radiateurs ou batteries de chauffe) sont conçus pour fonctionner dans un régime de température de 75 °C à l'aller et 65 °C au retour.

- Norme européenne EN 442 : Cette norme garantit la puissance des différents émetteurs de chaleur intégrés dans un système de chauffage central. Elle établit les méthodes de calcul permettant de mesurer la puissance thermique des appareils fonctionnant à l'eau chaude ou à la vapeur, avec des températures pouvant aller jusqu'à 120 °C.

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

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

IV-2-1 Choix du corps de chauffage : Le choix du radiateur à placer dans chaque pièce se fait en calculant les pertes thermiques de chaque pièce. Pour plus de détails, un exemple est réalisé concernant la chambre 1 :

Tableau IV.6 : Choix des corps de chauffe:

| Modèles | Hauteur (mm) | Largeur d'élément (mm) | Épaisseur D'élément (mm) | Poids (Kg) | Volume d'eau (L) | Émission watt à l'élément &T 50K |
|-----------|--------------|------------------------|--------------------------|------------|------------------|----------------------------------|
| 500/80 3A | 530 | 65 | 142 | 6.62 | 1.13 | 150 |

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

Cette puissance doit **au minimum couvrir les déperditions**.

Pour plus de confort et sécurité, il est conseillé d'ajouter **10 %** de marge :

$$\text{Puissance à installer} = \text{Déperdition totale} \times 1,1$$

Chambre :

- Déperdition totale : **1554.91 W**
- Marge de 10 % : **1554.91** × 1,1 = 1710.43W

4. Calculer le nombre d'éléments du radiateur

$$\text{Nombre d'éléments} = \frac{\text{Puissance totale à installer}}{\text{puissance par éléments}}$$

- Radiateur choisi : modèle 500/80/3A → 150 W par élément

Radiateur à éléments

Déperdition chambre = **1710 W**

Puissance par élément = **150 W**

$$\frac{1710}{150} = 11.4 \quad 12 \text{ élément}$$

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

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

$$Qv = \frac{[l/h]}{Dt}$$

Sachant que la puissance installée se calcule par :

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

$$\text{Puissance installée} = 12 \times 150 = 1800 \text{ [W]}$$

$$Pin = 1547.72 \text{ [Kcal/h]}$$

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

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

$$Qv = \frac{1547.72}{10} = 154.772 \text{ [L/h]}$$

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

$$\text{Volume d'eau du radiateur} = 1.13 \times 12 = 13.56 \text{ [L]}$$

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

| Modèles | Hauteur (mm) | Largeur d'élément (mm) | Épaisseur D'élément (mm) | Poids (Kg) | Volume d'eau (L) | Émission watt à l'élément &T 50K |
|-----------|--------------|------------------------|--------------------------|------------|------------------|----------------------------------|
| 500/80 3A | 2800 | 40 | 123 | 4.05 | 1.53 | 170 |

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

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

| les pièce | Type de radiateur | :aluminium | :Modèle:500/803A | | | | | |
|-----------|-------------------|----------------------------|-------------------|------------------------------------|---------------|--------------|----------------|--------------|
| | Déperdition [W] | Puissance de radiateur [W] | Nbr de radiateurs | Puissance de radiateur en [Kcal/h] | Nbr d'élément | Largeur [mm] | Le debit [1/h] | Volume d'eau |
| Chambre 1 | 1554.91 | 1710 | 1 | 1470 | 12 | 65 | 147 | 1.13 |
| Chambre 2 | 1300.112 | 1430 | 1 | 1230 | 10 | 65 | 123 | 1.13 |
| Cuisine | 1063.72 | 1170 | 1 | 914 | 8 | 65 | 91.4 | 1.13 |
| Hall | 792.12 | 871 | 1 | 680 | 6 | 65 | 68 | 1.13 |
| Séjour | 2539.878 | 2793 | 2 | 2183 | 19 | 65 | 218.3 | 1.16 |
| S.D.B | 994.62 | 1020 | 1 | 877 | 6 | 40 | 87.7 | 1.53 |

| | |
|------------------|------|
| Puissance Totale | 8994 |
|------------------|------|

IV-2-2 Calcul de puissance de la chaudière :

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

$$P_{\text{chaudière}} = \sum Pr + (10\% * \sum Pr)$$

$$P_{\text{chaudière}} = 9893.4 \quad [\text{W}]$$

IV-3 Conclusion :

Cette étude nous a permis d'acquérir une vision d'ensemble des différents types de chaudières ainsi que des modes de circulation et de leur principe de fonctionnement. Elle nous a également permis de comprendre que la puissance requise pour une chaudière dépend principalement du niveau d'isolation thermique de l'habitation.

Conclusion Générale:

Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances dans le domaine de la thermique appliquée au bâtiment, en étudiant les différents modes de transfert de chaleur — conduction, convection et rayonnement — ainsi que les facteurs influençant le confort thermique à l'intérieur d'une habitation, tels que la température, l'humidité, la pureté et le mouvement de l'air.

L'analyse thermique a porté sur le calcul des déperditions de chaleur (surfaiques, linéiques et volumiques) pour chaque pièce de la maison, en tenant compte des caractéristiques des matériaux utilisés et des conditions climatiques de la région de Relizane. Ces calculs ont mis en évidence l'importance de l'isolation thermique dans la réduction des pertes énergétiques, en optimisant notamment le coefficient de transmission surfaique global (Uk).

Par ailleurs, l'étude a abordé le rôle essentiel des chaudières dans le transport de la chaleur par la vapeur d'eau, ainsi que l'importance du traitement interne et externe de l'eau d'alimentation pour le bon fonctionnement et la durabilité du système.

En conclusion, cette étude constitue une base solide pour le dimensionnement des installations thermiques (chauffage, ventilation) et peut servir de référence pour de futurs projets visant à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments tout en assurant un confort optimal pour les occupants

Les références bibliographiques :

Les références bibliographiques :

Bilan thermique (Audit thermique)

- **ADEME (Agence de la Transition Écologique, France)**
 - ▶ Guide sur l'audit énergétique dans le résidentiel
 - ▶ <https://librairie.ademe.fr>
- **CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment)**
 - ▶ Expertise sur la performance thermique des bâtiments
 - ▶ <https://www.cstb.fr>
- **Directive européenne 2010/31/UE sur la performance énergétique des bâtiments**
 - ▶ Texte officiel : eur-lex.europa.eu

Confort thermique

- **ASHRAE 55-2020 – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**
 - ▶ Norme internationale de référence sur le confort thermique
 - ▶ Disponible via : <https://www.ashrae.org>
- **Fanger, P.O. (1970). "Thermal Comfort. Analysis and Applications in Environmental Engineering"**
 - ▶ Livre scientifique fondateur sur la théorie du confort thermique
 - ▶ ISBN : 0-07-019915-9
- **ISO 7730:2005 – Ergonomie des ambiances thermiques**
 - ▶ Norme ISO sur le confort thermique basé sur l'équation PMV/PPD
 - ▶ <https://www.iso.org/standard/39155.html>

Le chauffage (chauffage collectif et central)

- **"Le Chauffage des bâtiments" - André Guenoun, Éditions Eyrolles**
 - ▶ Ouvrage technique sur les systèmes de chauffage
 - ▶ ISBN : 9782212134384
- **"Thermique du bâtiment – Conception des installations" - Roger Biarreau, Dunod**
 - ▶ Traite en détail du chauffage central, fluides caloporteurs, chaudière, etc.
 - ▶ ISBN : 9782100758517
- **Cegibat / GRDF – Guides techniques sur le chauffage central et collectif**
 - ▶ <https://cegibat.grdf.fr>

Fonctionnement du chauffage central

Les références bibliographiques :

- **ADEME (Agence de la Transition Écologique, France)**
 - ▶ Guide sur le chauffage central, incluant les chaudières, les émetteurs de chaleur (radiateurs, plancher chauffant) et les fluides caloporteurs.
 - ▶ <https://www.ademe.fr>
 - **CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment)**
 - ▶ Informations techniques sur les systèmes de chauffage central, les chaudières à condensation, les pompes à chaleur et les réseaux de chaleur.
 - ▶ <https://www.cstb.fr>
-

Énergies utilisées et systèmes associés

- **Réseau de chaleur (Wikipedia)**
 - ▶ Présentation des réseaux de chaleur, incluant les avantages, les inconvénients et les types d'énergies utilisées (bois, géothermie, chaleur fatale, etc.).
 - ▶ https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau_de_chaleur
 - **Le chauffage central : types & prix pour bien se chauffer | MesDépanneurs.fr**
 - ▶ Comparatif des différents types de chauffage central (gaz, fioul, bois, pompe à chaleur, solaire) avec leurs avantages, inconvénients et coûts moyens.
 - ▶ <https://www.mesdepanneurs.fr/blog/chauffage-central>
-

Maintenance et entretien

- **Entretien des chaudières (Wikipedia)**
 - ▶ Informations sur l'entretien des chaudières, y compris les obligations légales, les fréquences de maintenance et les risques associés à un mauvais entretien.
 - ▶ https://fr.wikipedia.org/wiki/Entretien_des_chaudi%C3%A8res

Coûts d'installation

- **Le système de chauffage central : prix fonctionnement et aides | Calculeo.fr**
 - ▶ Estimations des coûts d'installation pour différents types de chauffage central, y compris les chaudières à gaz, fioul, bois, pompes à chaleur et systèmes solaires.
 - ▶ <https://www.calculeo.fr/eco-travaux/le-chauffage/le-chauffage-central>
- **Installation chauffage central ▶ Présentation | Tarifs | On-Renove.fr**
 - ▶ Détails sur les coûts d'installation de chauffage central, y compris les prix des

Les références bibliographiques :

chaudières, des radiateurs et des systèmes solaires combinés.

► <https://www.on-renove.fr/installation-chauffage-central/>

Sources fiables en français sur le système de chauffage central

1. ADEME – Agence de la transition écologique**

* Site officiel : [www.ademe.fr](<https://www.ademe.fr>)

* Guides et rapports techniques sur le chauffage, les chaudières, les énergies renouvelables et la maintenance.

2. CSTB – Centre Scientifique et Technique du Bâtiment**

* Site officiel : [www.cstb.fr](<https://www.cstb.fr>)

* Documents techniques sur la thermique du bâtiment et la conception des systèmes de chauffage.

3. Wikipedia – Chauffage central

Article complet sur le fonctionnement, types de chaudières, distribution de chaleur.

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Chauffage_central]

(https://fr.wikipedia.org/wiki/Chauffage_central)

4. Vaillant France – Comprendre les systèmes de chauffage**

Explications détaillées sur chaudières, pompes à chaleur, systèmes renouvelables.

Les références bibliographiques :

<https://www.vaillant.fr/accueil/parole-d-expert/comprendre-les-systemes-de-chauffage/>

5. Futura Sciences – Chauffage central

Articles pédagogiques et techniques.

<https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/maison-chauffage-central-10585/>

6. Éditions Eyrolles – Thermique du bâtiment (livre)

* Auteur : Jean-Pierre Chabriat

* Ouvrage académique détaillé sur les systèmes thermiques, y compris le chauffage central.

7. Norme européenne EN 12831**

* Norme sur la méthode de calcul de la charge thermique des bâtiments (en français).

Performance thermique des bâtiments — Calcul de la consommation d'énergie pour le chauffage et le refroidissement

➤ Utilisée pour calculer les déperditions globales d'un bâtiment (par transmission, ventilation, etc.).

Ponts thermiques dans le bâtiment — Transmittance thermique linéique — Méthodes simplifiées et valeurs par défaut

➤ Source principale pour les valeurs des déperditions linéiques (coefficient Ψ).

Les références bibliographiques :

3.

Systèmes de chauffage dans les bâtiments — Méthode de calcul des besoins thermiques de dimensionnement

➤ Norme pour dimensionner correctement les radiateurs ou systèmes de chauffage selon les pertes.

4.

Radiateurs et convecteurs — Exigences techniques

➤ Norme européenne qui définit les caractéristiques techniques minimales des radiateurs (rendement, sécurité, etc.).

Sources algériennes

CNERIB (Centre National d'Études et de Recherches Intégrées du Bâtiment)

Publications officielles et guides techniques algériens, notamment :

Guide technique sur l'efficacité énergétique dans les bâtiments – édition 2020

Donne les valeurs des coefficients de transmission thermique U, les niveaux d'isolation recommandés, les matériaux locaux, etc.

Adapté au climat de Relizane, classé dans la zone climatique "semi-aride à hiver modéré".

Références françaises complémentaires

1. – Réglementations thermiques françaises

➤ Utilisées comme référence pour l'estimation des besoins thermiques en W/m^2 ou W/m^3 , selon l'isolation.

Les références bibliographiques :

2. ADEME (Agence de la Transition Écologique)

➤ Guides pratiques pour les particuliers et professionnels sur le chauffage, les isolants, et la consommation d'énergie.

Exemple : Le guide du chauffage performant – ADEME 2023

Outils d'aide au calcul thermique

Logiciels spécialisés :

U22 Perrenoud

Climawin

ArchiWIZARD

➤ Pour le calcul des déperditions et la simulation énergétique de bâtiments.

Fiches techniques des fabricants de radiateurs :

Atlantic, Thermor, Acova, Noirot... ➤ Donnent la puissance en W selon le volume à chauffer et les caractéristiques de chaque modèle.

Données climatiques (Relizane)

Office National de la Météorologie (ONM – Algérie)

Atlas climatique algérien (Climatel DZ)

Base de données climatiques ASHRAE (Climate Data)

➤ Fournissent les températures de base hivernales, nécessaires pour le calcul des pertes thermiques :

Relizane hiver : Température extérieure de base $\approx 3\text{ C}$

à 5°C

Les références bibliographiques :

Références techniques – Radiateur 500/80

Les radiateurs 500/80 sont très répandus dans les systèmes de chauffage à eau chaude. Ce type de radiateur est généralement en aluminium, composé d'éléments modulables.

Fabricants de référence :

1. Fondital (Italie) – Séries Garda, Exclusivo, Tropical

Site : <https://www.fondital.com/fr>

Puissance par élément à ΔT 50K : environ 120 à 130 W

2. Global Radiatori (Italie) – Séries Oscar, Mix, VIP

Site : <https://www.globalradiatori.com/fr>

Hauteur 500 mm, largeur 80 mm/élément, puissance \approx 120 W/élément

3. Sira Industrie – Séries Alux, Ali Metal, RS

Site : <https://www.siraindustry.com/fr>

Ces fabricants fournissent des données précises sur la puissance calorifique des éléments selon la norme européenne ΔT 50K, ce qui signifie une différence de température de 50°C entre l'eau du radiateur et la pièce.

Références pour le calcul des besoins en chauffage

Sources officielles françaises :

4. ADEME (Agence de la transition écologique)

Les références bibliographiques :

<https://librairie.ademe.fr>

Recommandations pour les puissances de chauffage par type de pièce.

Pour une salle de bain :

100 à 130 W/m²

Ou 50 à 60 W/m³ (si hauteur sous plafond = 2,5 m)

5. Normes thermiques françaises (RT2012 / RE2020)

- Utilisées pour le dimensionnement des équipements de chauffage.
- Exemples disponibles dans les guides professionnels pour plombiers chauffagistes.

Formule de calcul thermique utilisée

Puissance nécessaire (W) = Volume de la pièce (m³) × Besoin thermique (W/m³)

Exemple pour ta salle de bain :

Surface : 5,5 m²

Hauteur standard : 2,5 m

Volume : 5,5 × 2,5 = 13,75 m³

Besoin thermique : 13,75 × 50–60 W = 690 à 825 W nécessaires

- Résultat pour le radiateur 500/80 3A

Nombre d'éléments : 3

Puissance totale estimée : 3 × 120 W ≈ 360 W

Les références bibliographiques :

– Insuffisant pour chauffer une salle de bain à 24°C

– Solutions recommandées

Option Détail

–Ajouter des éléments Passer à un modèle 500/80 avec 6 ou 7 éléments ($\approx 720\text{--}840\text{ W}$)

Changer de radiateur Choisir un modèle plus puissant ou un sèche-serviette adapté

- Ajouter chauffage électrique Radiateur soufflant mural ou mixte (eau + électricité)