

**Ministère de l'Enseignement  
Supérieur et de la Recherche  
Scientifique  
Ecole Nationale Polytechnique  
Département de Génie Civil**



**Projet de Fin d'Etude en vue de l'obtention du  
Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie Civil**

**Thème :**

**Etude Structurale et Thermique d'un  
Bâtiment R+5**

**Réalisé par :**  
OUAREZKI Dalila  
OULD MAMMAR Brahim

**Proposé et Dirigé par :**  
K. SILHADI

Promotion  
Juin 2011

*Ecole Nationale Polytechnique 10, Avenue Hassen  
Badi BP182 El-Harrach*

*16200  
Alger  
(Algérie)*

**Tel : 213 21 52 53 01/03 – Fax : 213 21 59 29/7**

## **Dédicace :**

Je dédie ce travail à mum et dad, je vous dois mon éducation, ma persévérance et ma foi. Merci à mes frères et sœurs, en particulier Yasmine, pas juste une sœur mais une confidente et une amie qui m'a toujours encouragée et soutenue, à ma belle sœur et ma nièce Lina, ainsi qu'à toute personne qui m'a offert un soutien moral ou intellectuel tout au long de ce chemin; les professeurs de l'Ecole Nationale Polytechnique pour leurs conseils et connaissances, à mes amis pour leur compréhension et à toute ma famille. Ce travail vous est dédié avec tout mon amour et ma gratitude.

**Dalila**

Je dédie ce modeste travail à mes très chers et merveilleux parents qui ont donné le meilleur d'eux mêmes afin de m'offrir une éducation exemplaire, que dieu vous garde parmi nous dans la joie et la santé. À mes frère et sœurs ainsi que mes nièces qui m'ont soutenu tout au long de ma vie, à mes neveux Anis et Sofia que j'adore, et à qui je souhaite toute la réussite et le bonheur du monde. A toute ma famille, mes amis et à tous mes professeurs qui n'ont cessés de me soutenir et de m'encourager.

**Brahim**

## **Remerciements :**

Tous d'abord, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant, de nous avoir donné le courage et la volonté de mener à terme ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre gratitude pour M. K. SILHADI notre encadreur, pour ses conseils et son aide durant l'élaboration de se travail.

Nous tenons à remercier :

Les membres du jury pour avoir accepté d'examiner notre travail.

M. HAKIMI qui n'a cessé de nous aider.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

## ملخص

الهدف إن من هذا العمل هو عمارة دراسة من الخرسانة ذات المسلحة مخبسة طوابق تمت في بنائها زلزالية المنطقة نشاط ذات زلزالي يوق مقاومة البناية مدقة بواحدة تدعى نظام مختلط (أعمدة عارضات و المصدنة

+ ناردج) حلسم. من الثاني الهدف دراسة هو العمل هذا حرارية  
وفقالقواندينومعاييرالبناءالمطبعة فيريزاجل(RPAversion2003, CBA93, BAEL91)  
تمالتصميم  
الدراسةالميكانيكية تمت بواحدة جم انرب ETABS

كلماتةىحاتفم:

الخرسانة انظام, المسلحة تدعىمطلتخم, الدراسة الحررية الدراسة, الميكانيكية

## Résumé

Le but de ce travail est, premièrement, l'étude d'une structure en béton armé, constituée de 5 étages et d'un rez-de-chaussée.

Cette structure se situe à Zeralda, wilaya d'Alger, qui fait partie de la zone III (zone de forte sismicité). La structure est contreventée par une structure mixte voiles-portique. Sa conception est faite conformément aux règlements de construction en vigueur (RPA99 version 2003, CBA93 et BAEL91). L'étude dynamique a été réalisée à l'aide du logiciel ETABS.

Deuxièmement, ce travail comporte une étude thermique des éléments du bâtiment

### Mots clés :

Béton armé, contreventement mixte, étude dynamique, étude thermique, construction durable, résistance thermique, déperditions thermiques

### Abstract:

The aim of this work is the study of a reinforced concrete building, of a mixed wind-braking system (gantries + veils), made up of 5 main floors and a ground floor. This building is located in Zeralda, which is a zone of high seismicity. The second part of this project consists in a thermal study of the components of the building.

The dynamic study was carried out using the software ETABS. Its design is done according the Algerian Seismic Regulation (PRA99/V2003), CBA93 and BAEL91 codes.

### Key words:

Reinforced concrete mixed wind-braking system, dynamic analysis, thermal study, thermal resistance, thermal

## Sommaire

Liste des abréviations : .....	8
Introduction : .....	8
Chapitre 1. ....	9
Présentation Du Projet .....	9
1.1. Introduction : .....	10
1.2. Présentation du bâtiment : .....	10
1.3. Caractéristiques mécaniques des matériaux : .....	11
1.4. Présentation des Plans : .....	12
Chapitre 2. ....	15
Construction Durable.....	15
2.1. Introduction : .....	16
2.2. Description d'un bâtiment basse consommation .....	16
a) Architecture du bâtiment.....	16
Chapitre 3. ....	35
Prédimensionnement .....	35
3.1. Introduction : .....	36
3.2. Prédimensionnement des planchers : .....	36
3.3. Evaluation de charges et surcharges : .....	36
3.4. Prédimensionnement des poutres : .....	37
3.5. Prédimensionnement des poteaux : .....	38
3.6. Dimensionnement des voiles : .....	40
3.7. Implantation des voiles : .....	41
Chapitre 4. ....	43
Eléments Non Structuraux.....	43
4.1. Introduction : .....	44
4.2. Calcul de L'acrotère : .....	44
4.3. L'escalier : .....	47
4.4. Plancher à corps creux : .....	51
Chapitre 5. ....	57
Etude Dynamique .....	57
5.1. Introduction. ....	58
5.2. Stratégie adoptée.....	58
5.3. Modélisation. ....	58
5.4. Action sismique. ....	59
Chapitre 6. ....	68
Ferraillage Des Eléments Structuraux .....	68
6.1. Introduction : .....	69
6.2. Hypothèses.....	69
6.3. Combinaisons d'actions.....	69
6.4. Méthodes de calcul des armatures longitudinales.....	70
6.5. Dispositions constructives.....	74
CHAPITRE : 7 .....	81
Etude thermique.....	81

1. Introduction :	82
2. Définition de l'isolation thermique:	82
3. Définition de l'isolant thermique:	82
4. Définition du confort thermique:	82
II. CALCUL DES DEPERDITIONS THERMIQUES	87
A) Niveau courant :	96
Variante (1,1) : poteau 35	96
CHAPITRE : 8	102
Evaluation Economique	102
Introduction :	103
Les isolants au Maghreb :	103
Calcul des montants des variantes	107
Conclusion Générale:	112
Annexe : A	113
Calcul des Variantes	113

## **LISTE DES TABLEAUX**

- Tab. 1-1** : Valeurs de R en contacts avec l'extérieur
- Tab. 1-2** : Traitements des ponts thermiques
- Tab. 2-1** : Surcharges sur les planchers
- Tab. 2-2** : Dimensions des poutres
- Tab. 2-3** : Règle de dégression
- Tab. 2-4** : Effort normal revenant au poteau
- Tab. 3-1** : Résultats du calcul du ferrailage de l'acrotère
- Tab. 3-2** : Actions sur l'escalier
- Tab. 3-3** : Combinaison des actions sur l'escalier
- Tab. 3-4** : Sollicitations de calcul
- Tab. 3-5** : Résultats du calcul du ferrailage des escaliers courants
- Tab. 3-6** : Charges permanentes de calcul des poutrelles avant coulage
- Tab. 3-6** : Charges permanentes de calcul des poutrelles avant coulage
- Tab. 3-7** : sollicitation de calcul pour les poutrelles
- Tab. 3-8** : Sollicitations de calcul des poutrelles après coulage
- Tab. 3-9** : Ferrailage des poutrelles
- Tab. 3-10** : Contraintes de cisaillement dans l'âme des poutrelles
- Tab. 4-1** : Caractéristiques du bâtiment
- Tab. 4-2** : Charge sismique à la base par la méthode statique équivalente
- Tab. 4-3** : Participation de la masse modale effective
- Tab. 4-4** : Valeurs du spectre de réponse de calcul
- Tab. 5-1** : Coefficients de sécurité du béton et de l'acier
- Tab. 5-2** : Extremums des pourcentages d'armatures des éléments structuraux
- Tab. 5-3** : sollicitations sur un poteau isolé
- Tab. 5-4** : Sections d'armatures adoptées pour un poteau isolé
- Tab. 5-5** : sollicitations sur les poutres principales
- Tab. 5-6** : Sections d'armatures adoptées pour les poutres
- Tab. 5-7** : Sections d'armatures minimums pour les poutres
- Tab. 7-1** : Comparatif des isolants établi par la REME
- Tab. 7-2** : Avantages et inconvénients des isolants
- Tab. 7-3** : Prix des isolants en Algérie
- Tab. 7-4** : Prix de le a maçonnerie variante (a)
- Tab. 7-5** : Prix de le a maçonnerie variante (b)
- Tab. 7-5** : Prix de le a maçonnerie variante (d)
- Tab. 7-5** : Prix de le a maçonnerie variante (c)
- Tab. 7-5** : Prix de le a maçonnerie variante (e)
- Tab. 7-5** : Prix de le a maçonnerie variante (f)
- Tab. 7-10** : Prix des fenêtres
- Tab. 7-11** : Prix des portes fenêtres

## LISTE DES FIGURES

- Fig. 1-1** : Façade principale
- Fig. 1-2** : Façade postérieure
- Fig. 1-3** : Vue en plan d'un étage courant
- Fig. 1-4** : Plan en élévation
- Fig. 1-5** : Evolution de la compacité
- Fig. 1-6** : Déperdition en fonction de la compacité
- Fig. 1-7** : Exemple de zonage
- Fig. 1-8** : Orientation de la maison
- Fig. 1-9** : Exemple de stratégie à adopter
- Fig. 1-10** : Courbe de l'inertie thermique
- Fig. 1-11** : Les coefficients d'un vitrage
- Fig. 1-12** : Les principaux ponts thermiques à traiter
- Fig. 1-13** : Exemple d'une bonne isolation
- Fig. 1-14** : les fuites d'air
- Fig. 1-15** : Essai de la porte soufflante
- Fig. 1-16** : Système double flux
- Fig. 1-17** : Principe d'un Puits Canadien
- Fig. 1-18** : Principe de la pompe à chaleur
- Fig. 1-19** : Exemple d'un système d'ECS
- Fig. 2-1** : Composants d'un plancher étage courant
- Fig. 2-2** : Composants d'un plancher terrasse
- Fig. 2-3** : Composants d'une cloison double
- Fig. 2-4** : Vue en plan des voiles
- Fig. 2-5-1** : Vue de face des voiles
- Fig. 2-5-2** : Vue de face des voiles
- Fig. 2-5-3** : Vue de face des voiles
- Fig. 2-6** : vue en élévation des voiles
- Fig. 3-1** : Acrotère : détails et modélisation
- Fig. 3-2** : plan de ferrailage de l'acrotère
- Fig. 3-3** : Escalier
- Fig. 3-4** : dimension des escaliers
- Fig. 3-5** : Ferrailage des escaliers courants
- Fig. 3-6** : Schéma statique de la poutrelle
- Fig. 3-7** : Schémas de ferrailage des poutrelles
- Fig. 4-1** : Model 3D sur ETABS
- Fig. 4-2** : principaux modes de vibrations
- Fig. 4-3** : Spectre de réponse de calcul
- Fig. 5-1** : Organigramme pour le calcul du ferrailage des poteaux
- Fig. 5-2** : Organigramme pour le calcul du ferrailage des voiles
- Fig. 5-3** : Paramètres du calcul du ferrailage des voiles
- Fig. 5-4** : chemin de ferrailages des poteaux
- Fig. 5-5** : chemin de ferrailages des poutres
- Fig. 6-1** : les différents postes de déperdition

# Liste des abréviations :

**ECS :**

**BBC :** Bâtiment Basse Consommation

**ADEME :**

**COP :**

**THPE :**

**REME :**

# Introduction :

Le présent travail est une étude structurale et thermique d'un bâtiment R+5 à usage d'habitation implanté à Zéralda, ce site est classé ZONE 3 par le RPA donc sujet à une forte sismicité, ce qui requiert un dispositif particulier de contreventement vu l'importance de l'édifice qui se trouve être un dortoir de la gendarmerie nationale. D'autre part, le bâtiment se doit d'être peut vorace en énergie, et pour cela, une étude thermique complète est nécessaire pour optimiser les déperditions de chaleur.

Notre travail se démarchera selon ces 3 étapes :

- La première partie est l'étude structurale du bâtiment, qui comprend notamment la présentation de l'ouvrage ainsi que quelques dispositifs qu'il faut prendre en compte afin de respecter l'environnement en réduisant l'empreinte énergétique de notre construction. Cette partie débutera tout d'abord par le prédimensionnement des éléments structuraux et non structuraux, puis par l'étude dynamique selon les deux méthodes spectrale et statiques équivalentes à l'aide du logiciel ETABS, enfin, par le calcul définitif du ferrailage des éléments structuraux.
- La seconde partie du travail est une étude thermique complète du bâtiment, qui prend en compte tous les types de déperdition dans une construction, ainsi que la meilleure combinaison de matériaux qui rentrent en jeu dans l'isolation du bâtiment, enfin, nous clôturerons cette partie par le calcul de la puissance de chauffages de chaque variante d'isolation ce qui va nous permettre de comparer l'efficacité de ces dernières.
- Enfin la troisième est dernière partie de notre travail portera sur une étude économique de la maçonnerie qui constitue l'enveloppe du bâtiment dans le but de voir si le surcout de l'isolation est justifiable vis-à-vis du gain énergétique notamment celui du chauffage.



## **Chapitre 1.**

# **Présentation Du Projet**

## 1.1. Introduction :

Le but de ce projet est l'étude un bâtiment à basse consommation énergétique à usage d'habitation. L'étude se fera en deux parties, la première portera sur le calcul de la structure du bâtiment qui est en béton armé, cette dernière devra être aux normes RPA vu la forte sismicité du site, et la deuxième, sur le calcul et l'optimisation thermique pour assurer un bon confort aux habitants et minimiser les couts en énergie.

## 1.2. Présentation du bâtiment :

Il s'agit d'un bâtiment R+5 à usage d'habitation de forme rectangulaire et symétrique, sa longueur est de 23.7m, sa largeur est de 11.6m et sa hauteur est de 20.2m. Il est implanté à ZERALDA (Commune d'Alger) sur un sol meuble de contrainte admissible  $\sigma_{sol} = 2$  [bar] et classé dans la zone sismique **III**.

### 1.2.3. Système structural :

La structure du bâtiment en béton armé, son ossature est mixte, constitué de portiques et de refends. Son rôle est d'assurer la stabilité de l'ensemble sous l'effet des actions verticales et des actions horizontales, ces dernières sont représentées uniquement par les refend.

### 1.2.4. Planchers :

Les planchers sont considérés comme des diaphragmes rigides d'épaisseur relativement faible par rapport aux autres dimensions de la structure. Notre bâtiment comporte un seul type de plancher qui est le plancher à corps creux.

### 1.2.5. Maçonnerie :

La maçonnerie la plus utilisée en ALGERIE est en briques creuses. Pour cet ouvrage, nous avons trois types de murs :

#### a. Murs extérieurs :

- Une double cloison en brique
  - Une cloison en briques creuses à 8 trous de 10 cm d'épaisseur ;
  - Une lame d'air de 5 cm d'épaisseur ;
  - Une cloison en briques creuses à 8 trous de 10 cm d'épaisseur ;
- Une simple cloison en brique avec isolation thermique
- Mur en béton avec isolation thermique

#### b. Murs intérieurs : Cloisons de séparation de 10 cm d'épaisseur.

### **1.2.6. Revêtement :**

Le revêtement de la structure est constitué par :

- Au sol, carrelage de 2 cm pour les chambres, les couloirs et les escaliers ;
- Céramique recouvrant tous les murs dans les salles d'eau ;
- Enduit de plâtre pour les murs intérieurs et les plafonds ;
- Mortier de ciment pour crépissages des façades extérieures.

### **1.2.7. L'acrotère :**

Comme la terrasse est inaccessible, le dernier niveau du bâtiment est entouré d'un acrotère en béton armé de 60 cm de hauteur et de 10 cm d'épaisseur. L'acrotère a pour buts d'assurer la sécurité et d'empêcher l'écoulement des eaux pluviales stagnées dans la terrasse sur la façade.

### **1.2.8. Les escaliers :**

Les escaliers utilisés dans ce bâtiment sont des escaliers droits avec deux volées et palier inter étage.

## **1.3. Caractéristiques mécaniques des matériaux :**

Les caractéristiques mécaniques des matériaux utilisés dans la construction seront conformes aux règles techniques de conception et de calcul des structures en béton armé du *CBA 93*.

### **1.3.1. Béton :**

Le ciment utilisé est le CPJ325 (ciment portland composé) avec un dosage de 350 kg/m<sup>3</sup>, une résistance nominale à la compression de 25 MPa est obtenue pour le béton à 28 jours.

### **1.3.2. Acier :**

On utilisera deux types d'armatures pour ce projet :

- Des hautes adhérences FeE400 comme armatures transversales et longitudinales
- Des treillis soudés de nuance FeE240.

### **1.3.3. Le sol :**

Le sol sur lequel sera implanté l'ouvrage, a une faible capacité portante. La contrainte admissible du sol est de 0.20 MPa.

### **Règlements utilisés :**

**DTR-B.C2.2** : « charges permanentes et d'exploitation ».

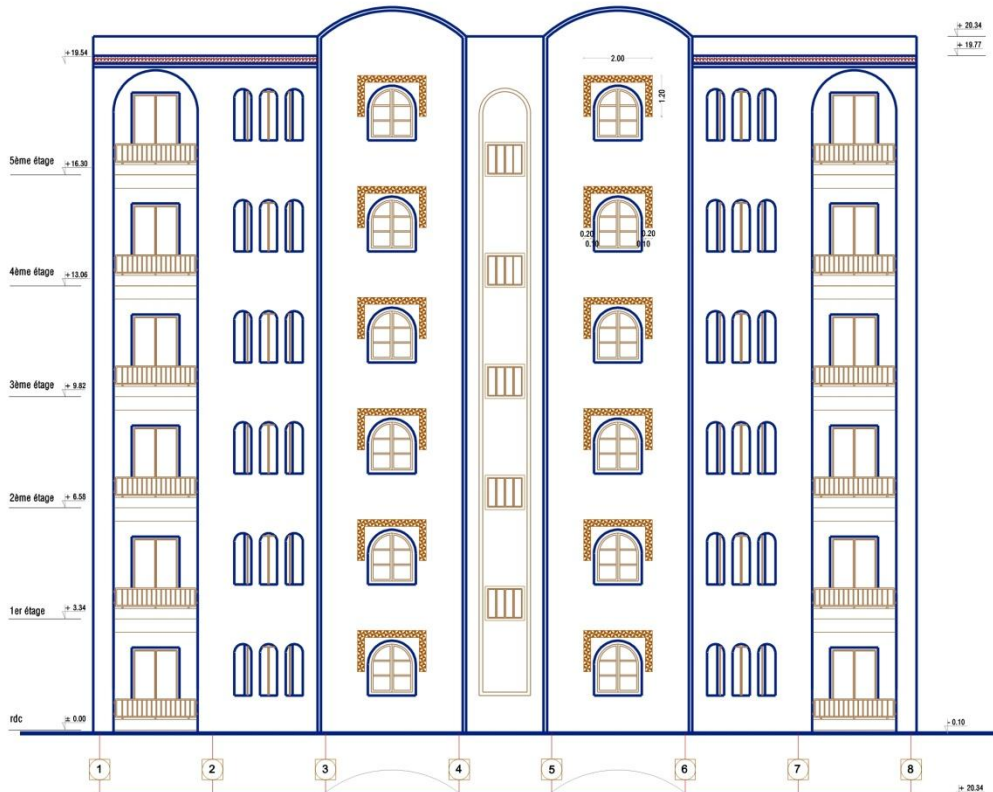
**D.T.R-B.C.3.2** : « Réglementation thermique des bâtiments d'habitation ».

**D.T.R-B.C.2.48** : « Règles Parasismique Algériennes version 2003 ».CGS.

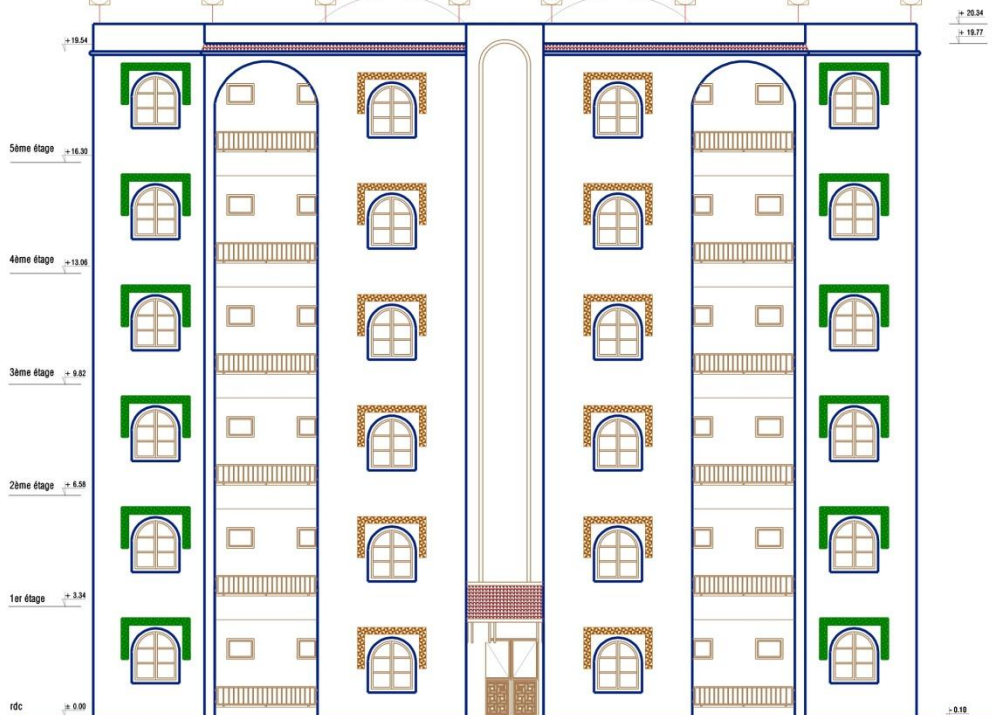
**D.T.R-C.2.47** : « Règlement neige et vent 1999 ».

BAEL91 : béton armé aux états limites

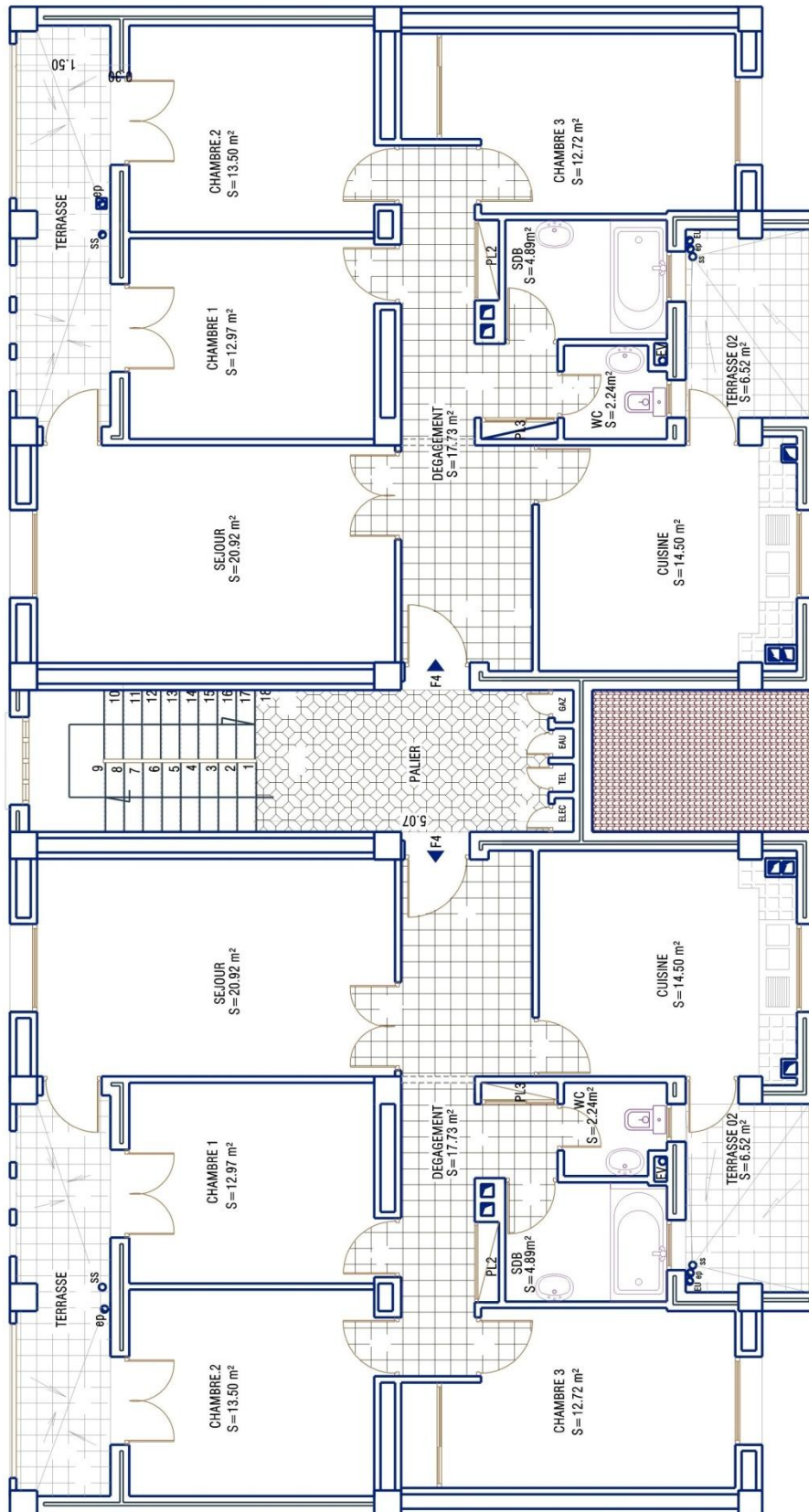
## 1.4. Présentation des Plans :



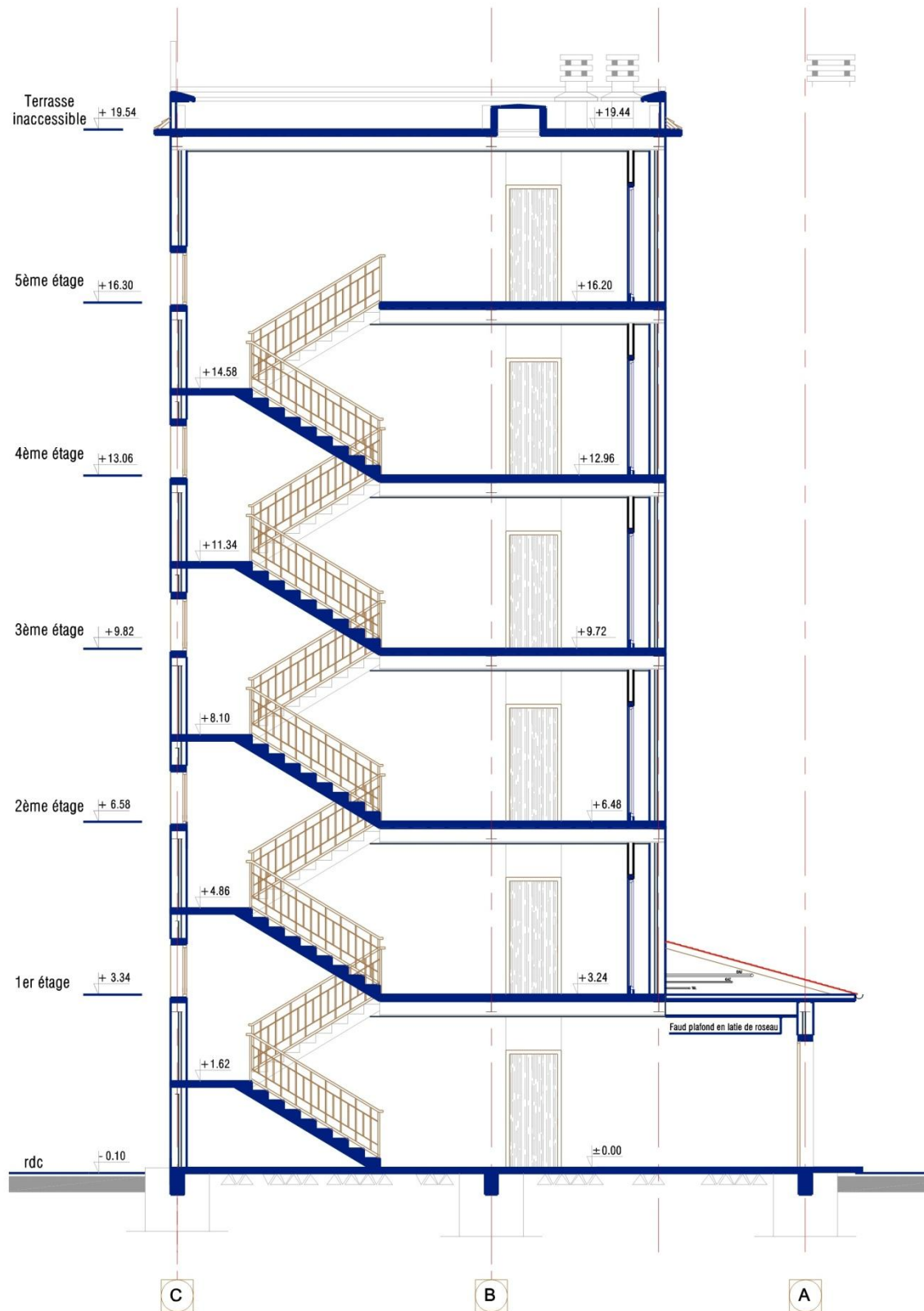
**Fig. 1-1 :**  
Façade  
principale



**Fig. 1-2 :**  
Façade  
postérieure



**Fig. 1-3 :** Vue en plan d'un étage courant



**Fig. 1-4 : Plan en élévation**

## **Chapitre 2.**

# **Construction Durable**

## 2.1. Introduction :

Longtemps, nous avons construit sans nous soucier de l'emprunte environnementale et énergétique que nous laissons derrière nous, mais récemment, compte tenu du prix des matières premières et du réchauffement climatique, il a fallu s'adapter, s'améliorer, et repenser notre manière de construire pour répondre aux nouvelles exigences afin de participer à la protection de notre planète et celle des ces habitants.

Pour cela, l'idée est de construire des bâtiments qui ont une consommation contenu en énergie, tout en restant confortable pour ses habitant, et surtout, limiter au maximum le surcouts de réalisation, conception, et entretien par rapport a un bâtiment classique, ce qui serait profitable en premier lieu aux utilisateur du bâtiment vu que l'économie réalisé est réelle , a l'état qui lui préserve ses ressources naturelles, et en dernier pour tout le monde en préservant l'environnement, nous appelleront ces bâtiment des Bâtiment Basse Consommation (BBC) qui est un label reconnu en Europe.

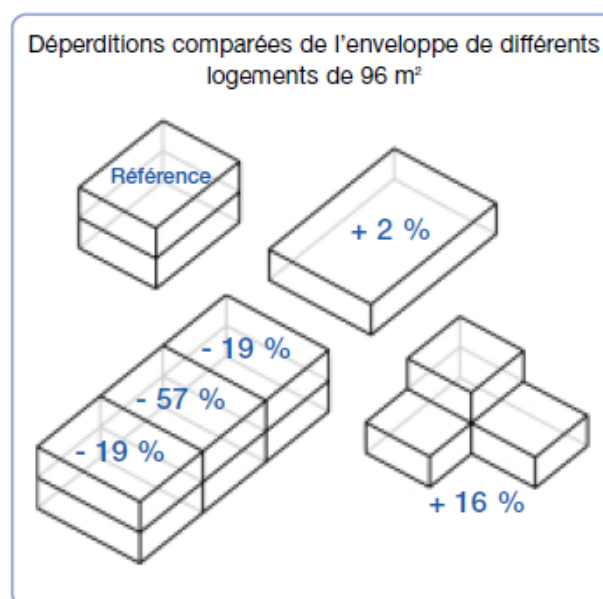
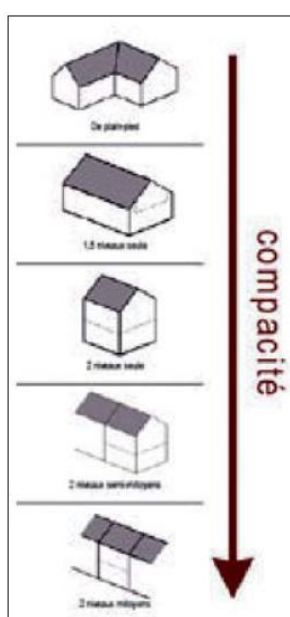
## 2.2. Description d'un bâtiment basse consommation

(Source EFFINERGIE-EDF)

### a) Architecture du bâtiment

#### ➤ Compacité du bâtiment

La compacité d'un bâtiment représente le rapport entre le volume habitable et l'ensemble des surfaces de déperdition. Les pertes sont donc d'autant plus réduites que ces surfaces sont optimisées par rapport au volume habitable. La réduction des décrochés de façades et l'optimisation de la compacité du bâtiment sont les clés de la réussite d'un projet sur le plan énergétique.

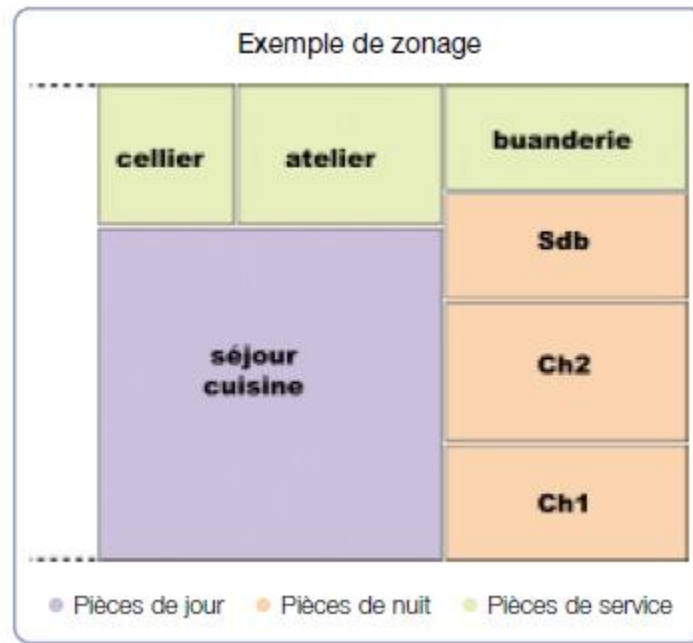


**Fig. 1-5 :** Evolution de la compacité

**Fig. 1-6 :** Déperdition en fonction de la compacité



Le travail d'optimisation de la compacité va de pair avec une bonne répartition des pièces à l'intérieur d'un bâtiment. Les zones type garages, serres, circulation... doivent être réparties afin de créer des espaces tampons entre les locaux chauffés et l'extérieur, si possible au nord pour les locaux de services.

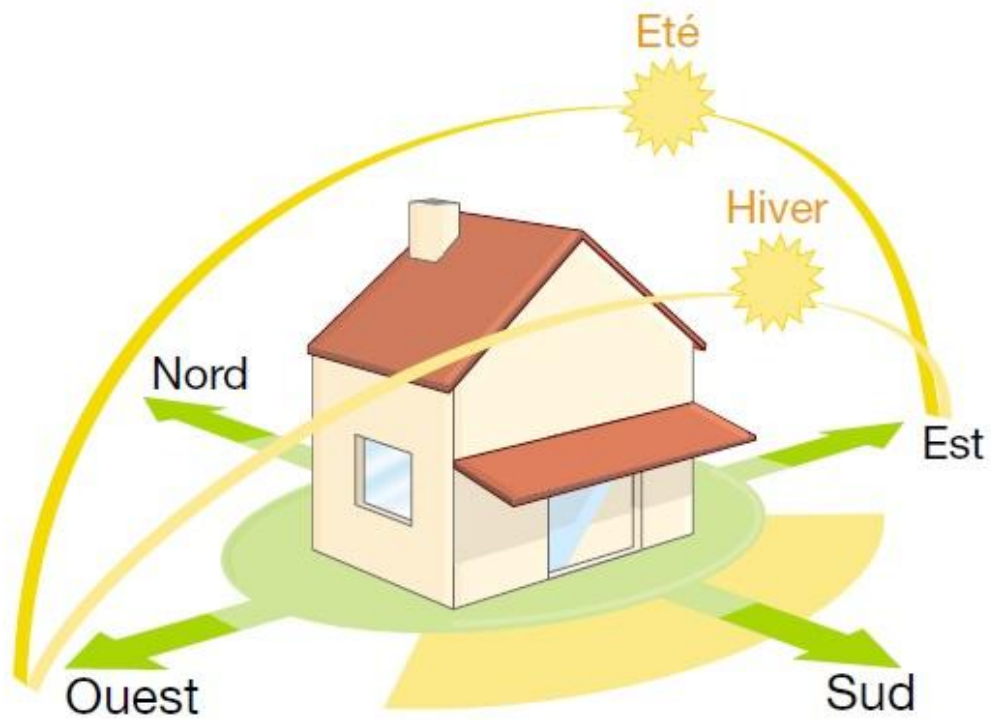


**Fig. 1-7** : Exemple de zonage

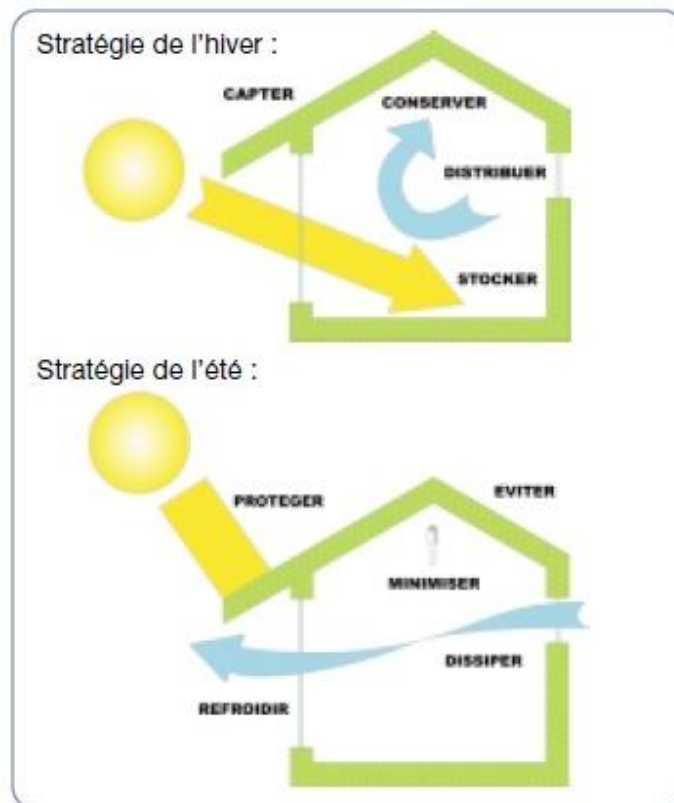
### ➤ Surfaces vitrées et orientation

Le soleil fournit lumière et chaleur. Une orientation adaptée du bâtiment peut permettre d'en bénéficier et de réduire ainsi les consommations énergétiques. Il convient de :

- limiter les surfaces vitrées aux alentours de 1/6 de la surface habitable,
- orienter la majorité des vitrages au sud pour capter les apports solaires en hiver,
- optimiser la nature des vitrages pour :
  - bénéficier des apports solaires en hiver,
  - réduire les déperditions en hiver,
  - éviter les surchauffes l'été,
- protéger les façades en installant :
  - sur les façades exposées au sud des protections fixes (auvents, débords) qui suppriment le rayonnement en été (soleil haut sur l'horizon), mais captent les apports solaires en hiver (soleil bas sur l'horizon),
  - sur les façades ouest des protections mobiles (Volets, stores à lames orientables).



**Fig. 1-8** : Orientation de la maison



**Fig. 1-9** : Exemple de stratégie à adopter

## b) L'enveloppe du bâtiment

### ➤ Modes constructifs et isolation

Plusieurs types de modes constructifs permettent d'atteindre le label BBC :

- solution classique d'isolation extérieure ou intérieure. Sachant que dans le cas d'une isolation par l'intérieur, les ponts thermiques peuvent représenter une forte part des déperditions (voir paragraphe sur les ponts thermiques), cette solution sera plutôt réservée au cas de réhabilitation,
- la construction sans isolation rapportée par exemple : solutions à isolation répartie, briques en terre cuite en 50 cm d'épaisseur :  $K = 0,26 \text{ W/m}^2\text{.C}$ ,
- la construction bois dont les avantages sont équivalents à ceux de la construction à isolation répartie, avec un avantage supplémentaire, la fabrication d'une maison en bois nécessite 10 fois moins d'énergie que celle d'une maison « conventionnelle ».

Le tableau indique l'épaisseur des principaux isolants à mettre en œuvre pour obtenir un coefficient R de  $4 \text{ m}^2\text{.C/W}$ . (rappel :  $R=1/K$ ), ce coefficient est le minimum à respecter pour les murs et le plancher bas dans une construction BBC.

Parois	RT 2005 (France)		Label BBC(France)	
	R	Equivalent en cm de laine de roche	R	Equivalent en cm de laine de roche
Murs en contact avec l'extérieur	2,78	10	4,3	16
Autres planchers hauts et toitures	5	20	6-7	30
Planchers hauts sur extérieur	3,7	15	6-7	30
Planchers bas	3,7	15	4,3	30

**Tab. 1-1** : Valeurs de R en contacts avec l'extérieur

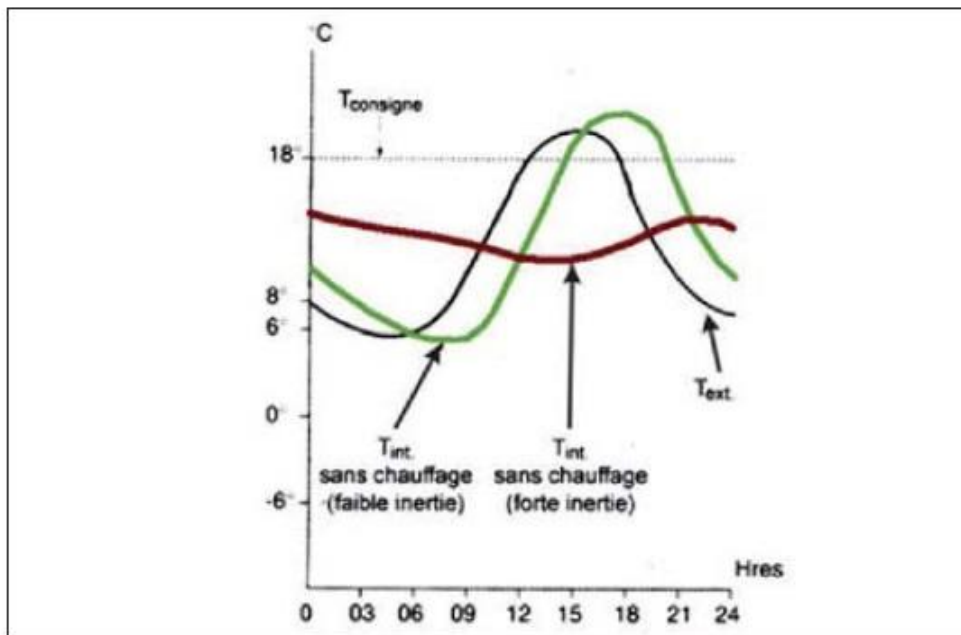
### ➤ Confort d'été

Les bâtiments sur-isolés sont sujets aux surchauffes estivales selon un effet « thermos ». D'où la nécessité de :

- réduire de manière drastique les apports de chaleur dans le bâtiment :
  - *les apports solaires par des occultations efficaces,*
  - *les apports internes provenant des consommations électriques, de l'utilisation d'ECS, etc., ce qui entraîne une diminution des consommations d'électricité.*
- stocker (inertie)

En hiver et en demi-saison, lors d'une journée bien ensoleillée, une forte inertie (courbe rouge) permet d'emmagasiner les apports solaires et de décaler le pic de température intérieure plus tard dans journée, quand la température extérieure est plus basse. Mais une

faible inertie (courbe verte) n'amortit que très peu le pic de température intérieure, qu'il ne retarde que de quelques heures. L'inertie thermique agit donc comme une régulation naturelle du climat intérieur,



**Fig. 1-10** : Courbe de l'inertie thermique

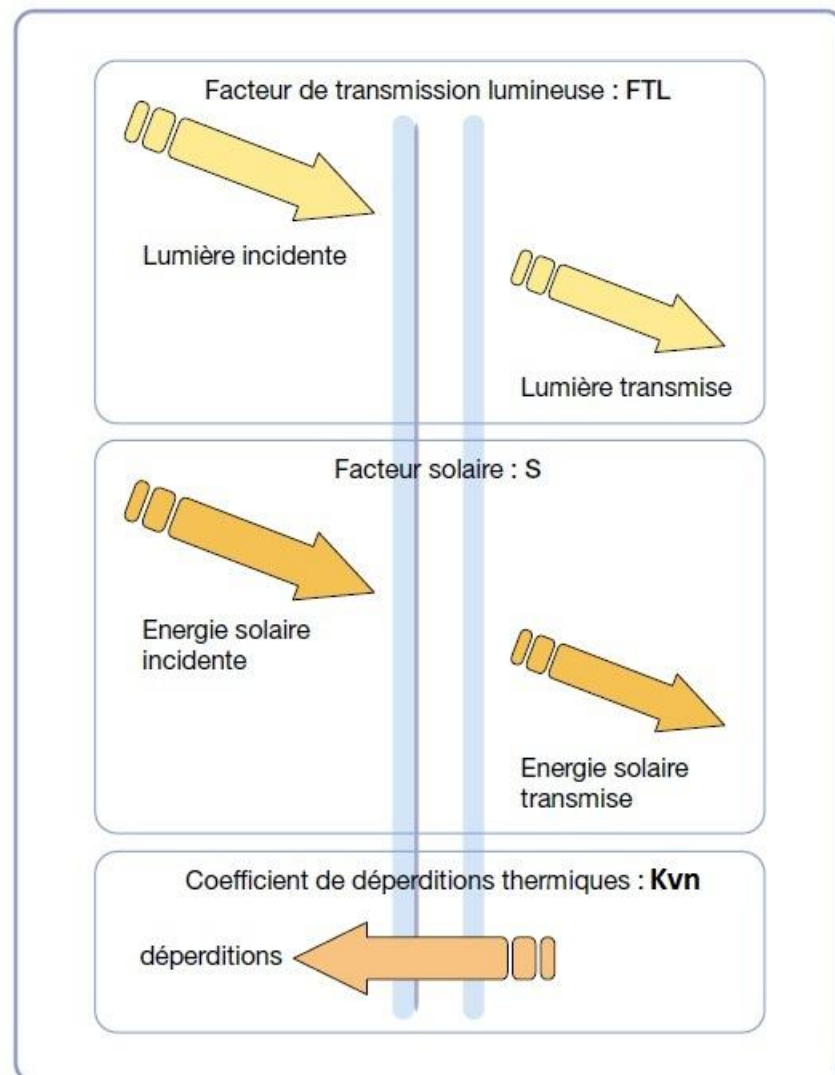
- évacuer les apports stockés dans la structure du bâtiment, de préférence par la ventilation naturelle nocturne, c'est-à-dire en ouvrant les fenêtres la nuit, ce qui implique que la disposition des pièces permette un brassage d'air suffisant. La ventilation mécanique est déconseillée, mais si elle doit être utilisée, les consommations électriques du ventilateur doivent entrer dans le bilan énergétique,
- rafraîchir avec des solutions à basse consommation d'énergie (brasseur d'air), si les dispositions précédentes ne permettent pas d'obtenir un confort d'été suffisant.

### ➤ Menuiseries et occultations solaires

Les déperditions par les fenêtres sont importantes car la résistance thermique d'une fenêtre peut être dix fois plus faible que celle d'un mur. Voici les éléments à privilégier :

- le bois : les menuiseries bois avec parement aluminium offrent tous les avantages (si PVC et bois ont un très bon rapport performance/prix, le recyclage du PVC constitue un handicap),
- une lame d'air épaisse, le double vitrage comprend deux vitres de verre entre lesquelles est enfermée une lame de gaz (argon, voire krypton) qui rend le vitrage isolant. Un triple vitrage (3 vitres, 2 lames d'air) est encore plus isolant, mais, au-delà de 16 mm d'épaisseur de la lame de gaz, il n'y a plus d'isolation supplémentaire,

- des vitrages peu émissifs, à savoir des vitres recouvertes d'une pellicule ultra mince, invisible à l'œil nu, qui arrête les infrarouges, car les infrarouges sont la chaleur.



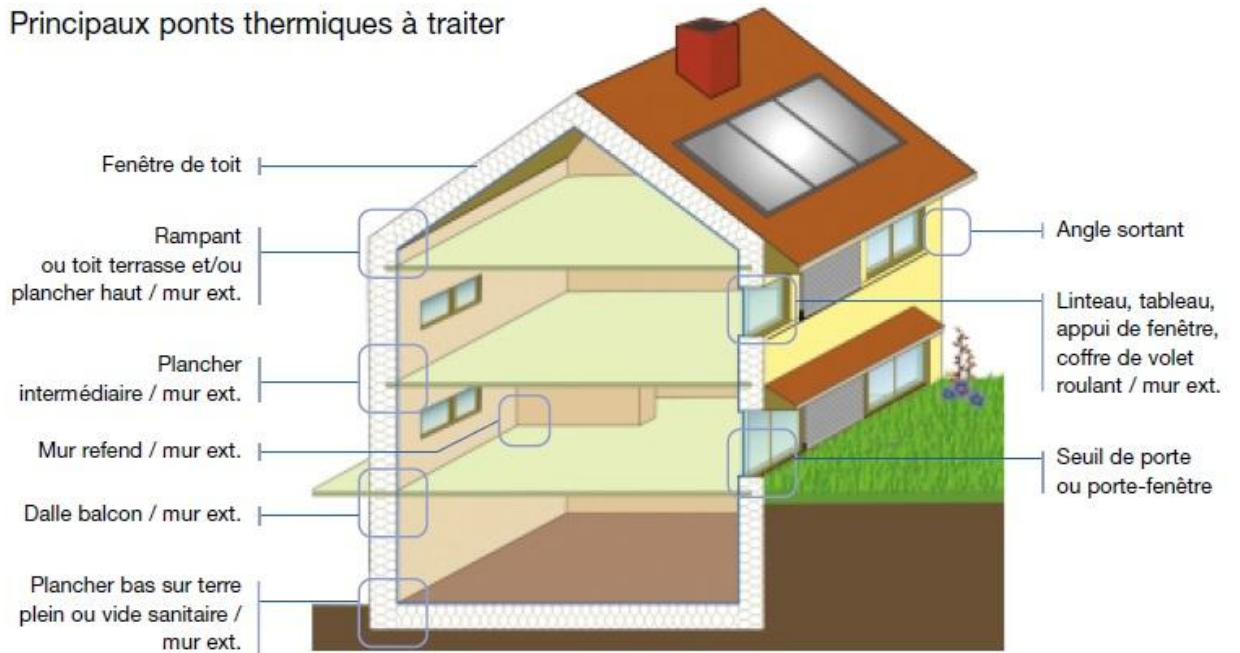
**Fig. 1-11** : Les coefficients d'un vitrage

### ➤ Ponts Thermiques

Principaux ponts thermiques à traiter :

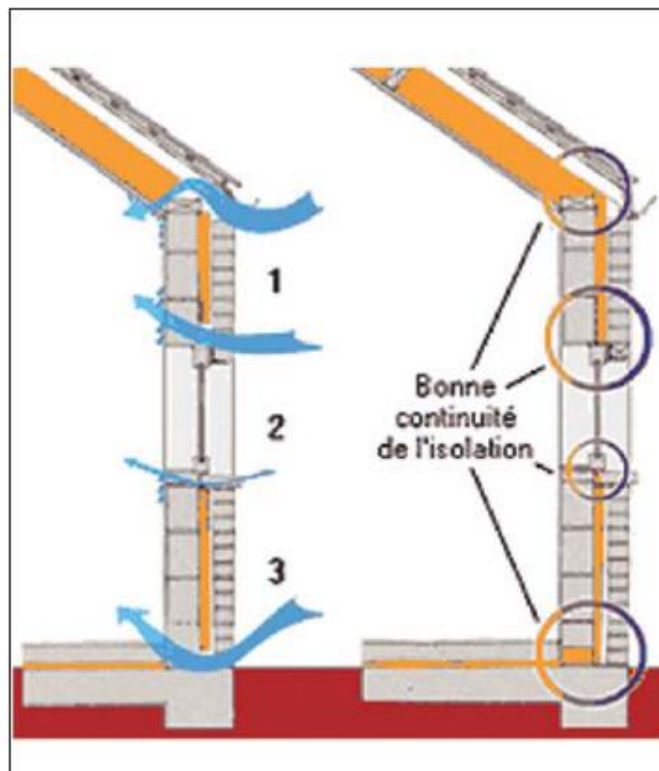
- les jonctions avec la toiture
- les jonctions avec les menuiseries
- les jonctions avec les planchers intermédiaires et bas
- les poutres sur parking

Principaux ponts thermiques à traiter



**Fig. 1-12** : Les principaux ponts thermiques à traiter

Ces ponts thermiques doivent être limités en conception, en s'attachant à avoir une « frontière » d'isolant autour du bâtiment.



**Fig. 1-13** : Exemple d'une bonne isolation

Le tableau ci-dessous reprend les principaux ponts thermiques et indique quelques possibilités de traitement :

	Isolation intérieure	Isolation extérieure
Acrotère	Faire un retour d'isolant d'au moins 5 cm d'épaisseur autour de l'acrotère	
Balcon	Désolidariser totalement ou partiellement le balcon de la façade extérieure	Désolidariser totalement ou partiellement le balcon de la façade extérieure
Poutres sur parking	Faire un retour d'isolant d'au moins 5 cm d'épaisseur sur les 3 faces des poutres	
Plancher bas sur terre plein	Prolonger l'isolant dans le sol sur au moins 60 cm	Prolonger l'isolant dans le sol sur au moins 60 cm
Dalle intermédiaire	Mettre en place dans la mesure du possible des rupteurs de ponts thermiques	
Menuiseries	Effectuer systématiquement un retour d'isolant d'au moins 5 cm d'épaisseur sur le pourtour de la menuiserie	Effectuer systématiquement un retour d'isolant d'au moins 5 cm d'épaisseur sur le pourtour de la menuiserie

**Tab. 1-2 : Traitements des ponts thermiques**

### ➤ Étanchéité à l'air

Assurer un bon niveau d'étanchéité à l'air dans un bâtiment consiste à maîtriser les flux d'air qui circulent à travers les orifices volontaires (bouches de ventilation et entrées d'air) et à limiter les flux incontrôlés pouvant causer pathologies, inconfort, et gaspillage d'énergie.

On peut distinguer cinq enjeux principaux liés à l'étanchéité à l'air :

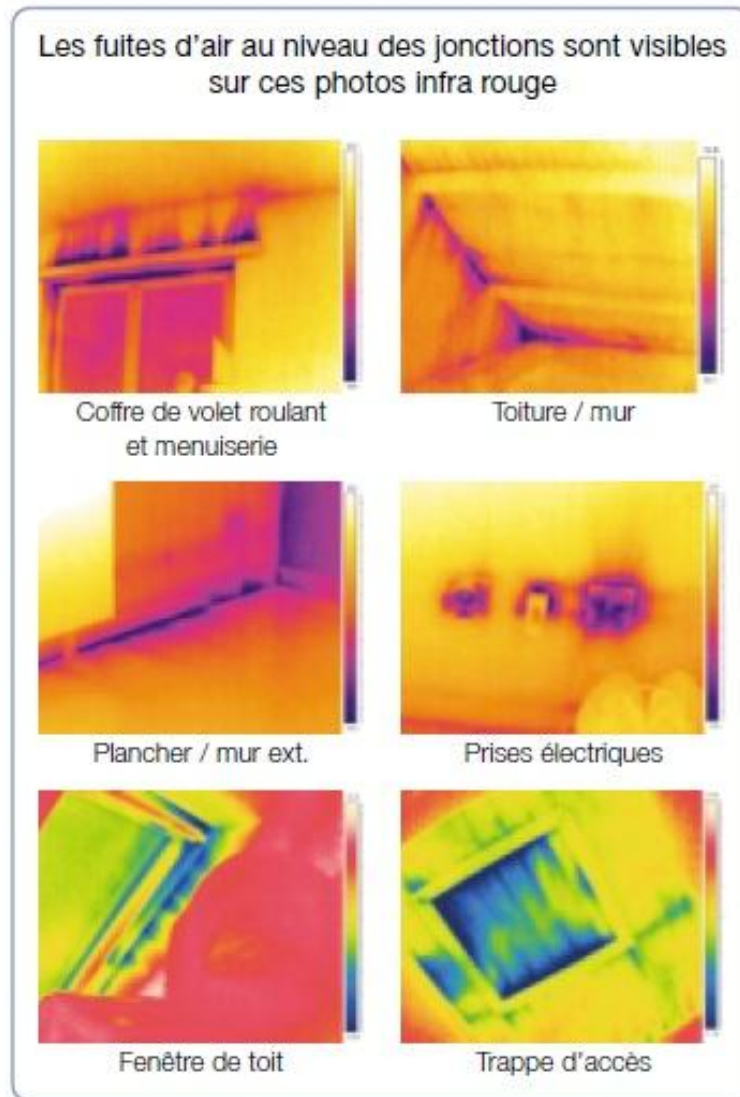
- l'hygiène et la santé (qualité de l'air intérieur),
- le confort thermique et acoustique,
- la facture énergétique,
- la conservation du bâti.

Dans un bâtiment peu étanche à l'air, le volume d'air infiltré peut être équivalent à celui introduit mécaniquement !

Traiter le problème de l'étanchéité à l'air du bâtiment revient à s'attaquer à tous les points sensibles de manière transversale sur l'ensemble des lots techniques et non techniques, à savoir :

- les liaisons façade planché,
- les menuiseries extérieures (seuils de porte, liaisons en linteau, appuis, tableaux...),

- les équipements électriques (interrupteurs et prise de courant sur parois extérieures),
- les trappes et éléments traversant les parois (Trappes accès comble gaine électriques).



**Fig. 1-14** : les fuites d'air

Test de la porte soufflante : Pour l'obtention du label BBC, un test de la porte soufflante doit obligatoirement être réalisé. Le principe consiste à remplacer un des ouvrants de l'enveloppe par un dispositif parfaitement étanche, comportant une ouverture connectée à un ventilateur de vitesse variable. L'équipe technique peut ainsi mesurer le volume d'air aspiré ou expulsé par les endroits non étanches du bâtiment, ceci sous des conditions de pression variables. Le critère déterminant est le flux d'air en m<sup>3</sup> par heure, indiqué par les instruments de la soufflerie.



Une fois les mesures effectuées, il est possible de visualiser les points de fuite à l'aide d'une poire à fumée.



Mesure de la perméabilité à l'air d'un bâtiment par le principe de la porte soufflante («blower door»)

**Fig. 1-15** : Essai de la porte soufflante

### c) La ventilation

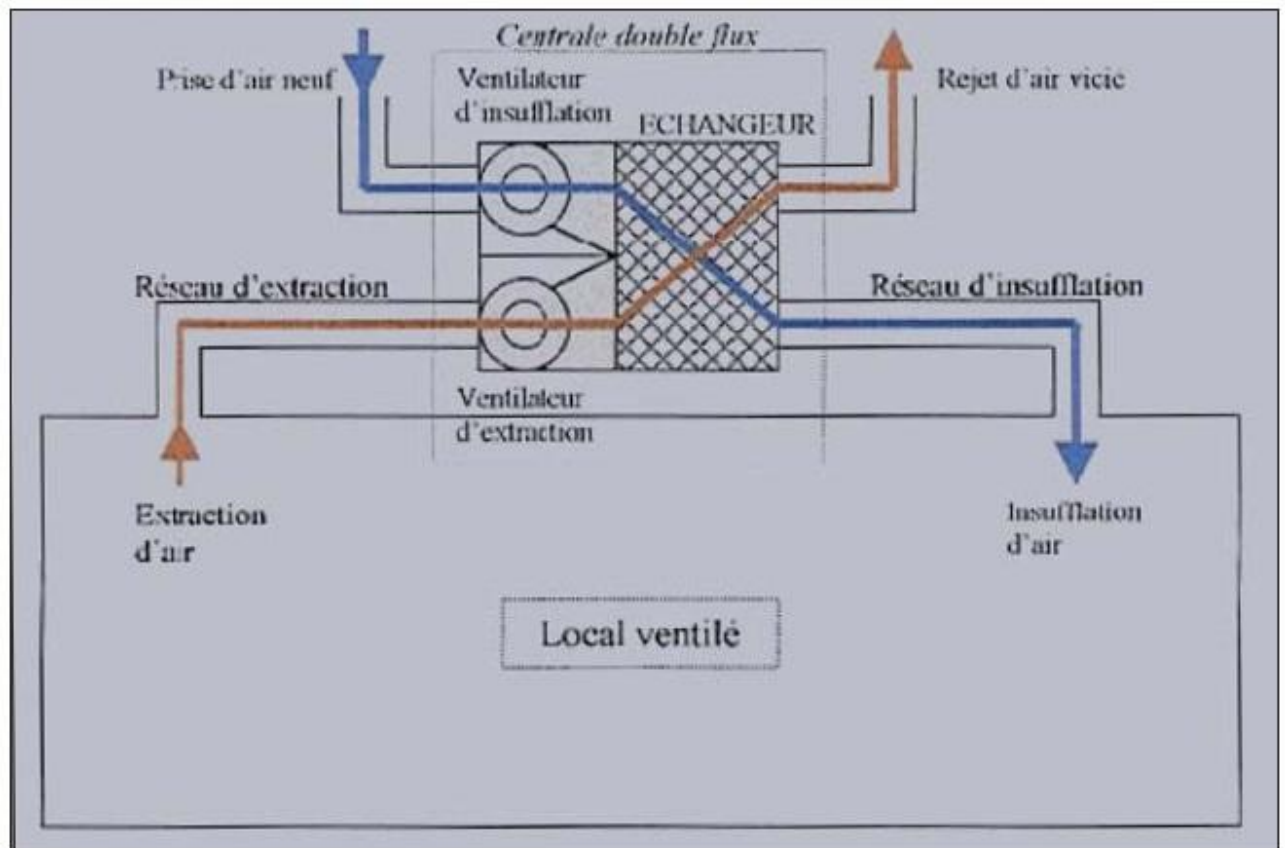
Des études (ADEME) montrent que dans les logements mal ventilés, l'air intérieur peut être plus pollué que l'air extérieur. La ventilation est donc une priorité, à condition de limiter les déperditions de chaleur par l'utilisation de systèmes performants.

#### ➤ **Système double-flux**

Grâce à un échangeur de chaleur entre l'air du bâtiment et l'air frais, appelé centrale double flux (cf. schéma), on réchauffe l'air frais avec la chaleur de l'air évacué, sans mélanger les flux. On peut récupérer jusqu'à 90 % des calories extraites, à condition que le bâtiment soit étanche à l'air, car tout l'air neuf entrant doit passer par l'échangeur de chaleur.

Elle permet par ailleurs une filtration des polluants et allergènes provenant de l'extérieur (particules, pollens...) et élimine les problèmes de bruit liés aux ouvertures dans les fenêtres des systèmes de ventilation classiques. La qualité des ventilations double flux peut être

variable : il faut choisir un produit présentant une bonne efficacité de récupération de l'échangeur, avec des moteurs à faible consommation d'énergie (à courant continu...)



**Fig. 1-16** : Système double flux

La modulation des débits de la ventilation peut se faire en fonction d'une détection de présence, du taux d'humidité, du taux de CO<sub>2</sub>... Une réflexion sur l'usage des locaux doit être menée pour choisir la meilleure solution de régulation et de systèmes de ventilation indépendants ou non (occupation intermittente, nombre d'occupants variable ou non ...)

Il faut prévoir d'éviter le passage dans l'échangeur pour la ventilation nocturne en été.

La récupération de chaleur peut également s'effectuer au moyen de pompes à chaleur permettant le transfert de chaleur entre l'air extrait et l'air insufflé. Ces installations sont plus complexes, plus coûteuses, mais autorisent d'importantes économies de fonctionnement.

➤ **Puits canadien :**

refroidissement/réchauffement passif

Le puits canadien, ou puits provençal, permet de réduire la température de 5 à 8° C en période de canicule, avec une consommation électrique dérisoire. Il diminue aussi la consommation de chauffage l'hiver. C'est un système géothermique de surface, basé sur le simple constat que la température du sol à 2 m de profondeur est à peu près constante, environ

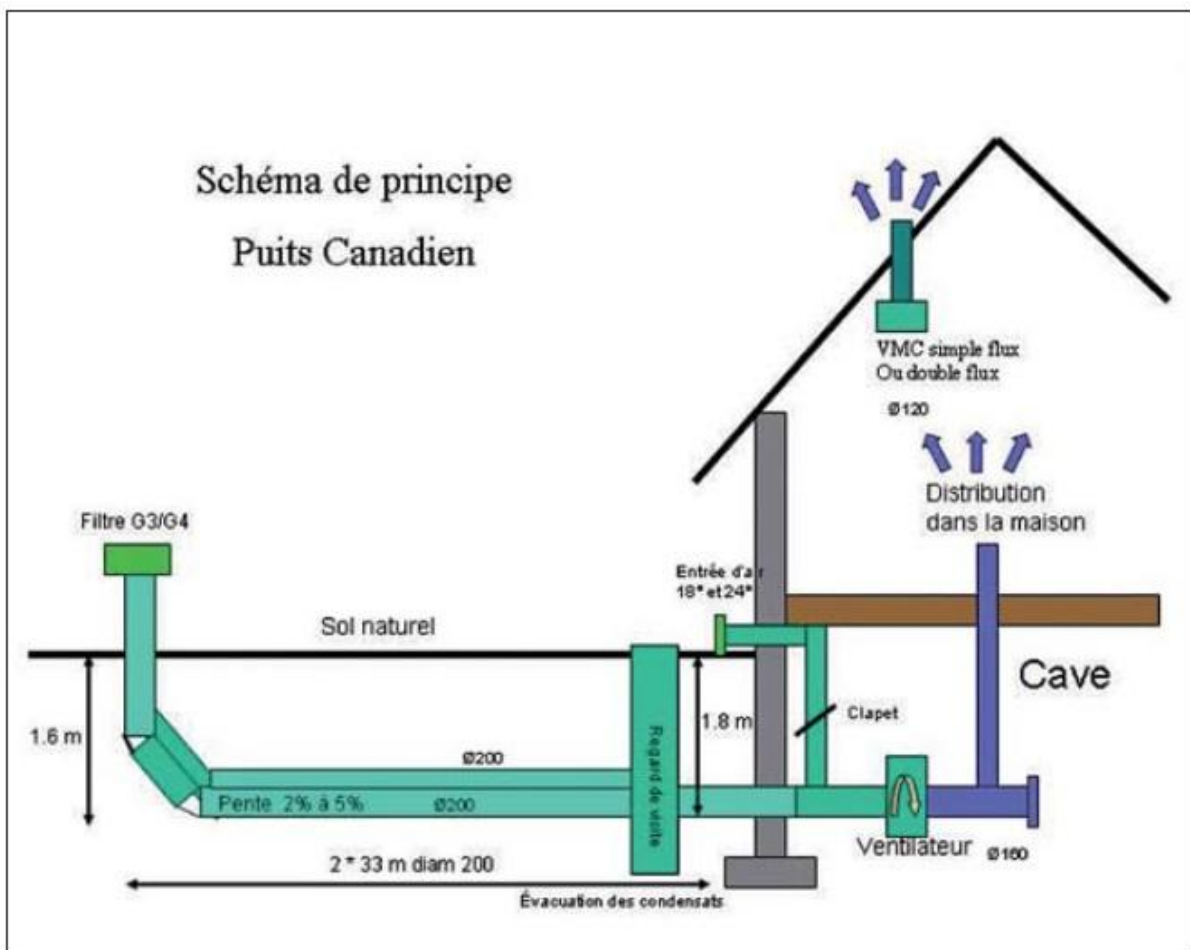


Fig. 1-17 : Principe d'un Puits Canadien

17° C en été et 4° C l'hiver. Il sert surtout de climatisation naturelle, mais son installation nécessite une étude sérieuse, par un bureau d'études spécialisé, et implique des travaux de terrassement importants.

	gaz	Bois	PAC eau/eau	PAC air/eau
<i>Avantages</i>	Condensation rendement élevé, Simplicité de mise en œuvre	Energie renouvelable neutre en émissions de CO <sub>2</sub> et issue de ressources locales	COP élevé supérieur à 4	Coût moindre que les PAC eau/eau Utilisable dans l'existant
<i>Inconvénients</i>	Emissions de CO <sub>2</sub>	Filière d'approvisionnement, manipulations, présence d'un silo	Coût élevé, études de sol nécessaires Réservé au neuf	COP moindre que les PAC eau/eau, (environ 2.2)

#### d) Le Chauffage

La production de chauffage, d'eau chaude sanitaire ou d'électricité à partir d'énergies renouvelables, va de pair avec une utilisation rationnelle de l'énergie.

Voici les avantages et inconvénients comparés de quatre dispositifs :

**Tab. 1-3** : Comparatif des systèmes de chauffages

#### ➤ Pompes à chaleur (PAC)

Le principe de fonctionnement d'une PAC est identique à celui d'un réfrigérateur.

Alors qu'un réfrigérateur évacue ses calories pour rafraîchir son atmosphère, la pompe à chaleur va chercher les calories d'une source froide (air extérieur, sol, nappe phréatique) pour les injecter à l'intérieur du volume à chauffer.

On définit l'efficacité  $\eta$  d'une PAC (son « COP ») par le rapport de l'énergie « utile », la chaleur restituée (pour le chauffage), sur l'énergie coûteuse, le travail fourni à la PAC (électricité).

Il existe plusieurs types de pompes à chaleur : eau/eau, air/eau, air/air...

Le premier terme désigne l'origine du prélèvement, le second, le mode de diffusion de la chaleur (soufflerie, circuit d'eau chaude, plancher chauffant avec fluide frigorigène).

Plus la source contenant l'énergie à prélever (sol, air, nappe phréatique) est stable et proche de la température de consigne, plus la performance (COP) de la PAC est élevée.

Le coefficient de conversion en énergie primaire de l'électricité étant, en France, de 2,58 (plus en Algérie), cela signifie que si le COP annuel de la pompe à chaleur (comprenant les auxiliaires) est inférieur à 2.58, la performance du système de chauffage sera inférieure à celle d'une chaufferie gaz.

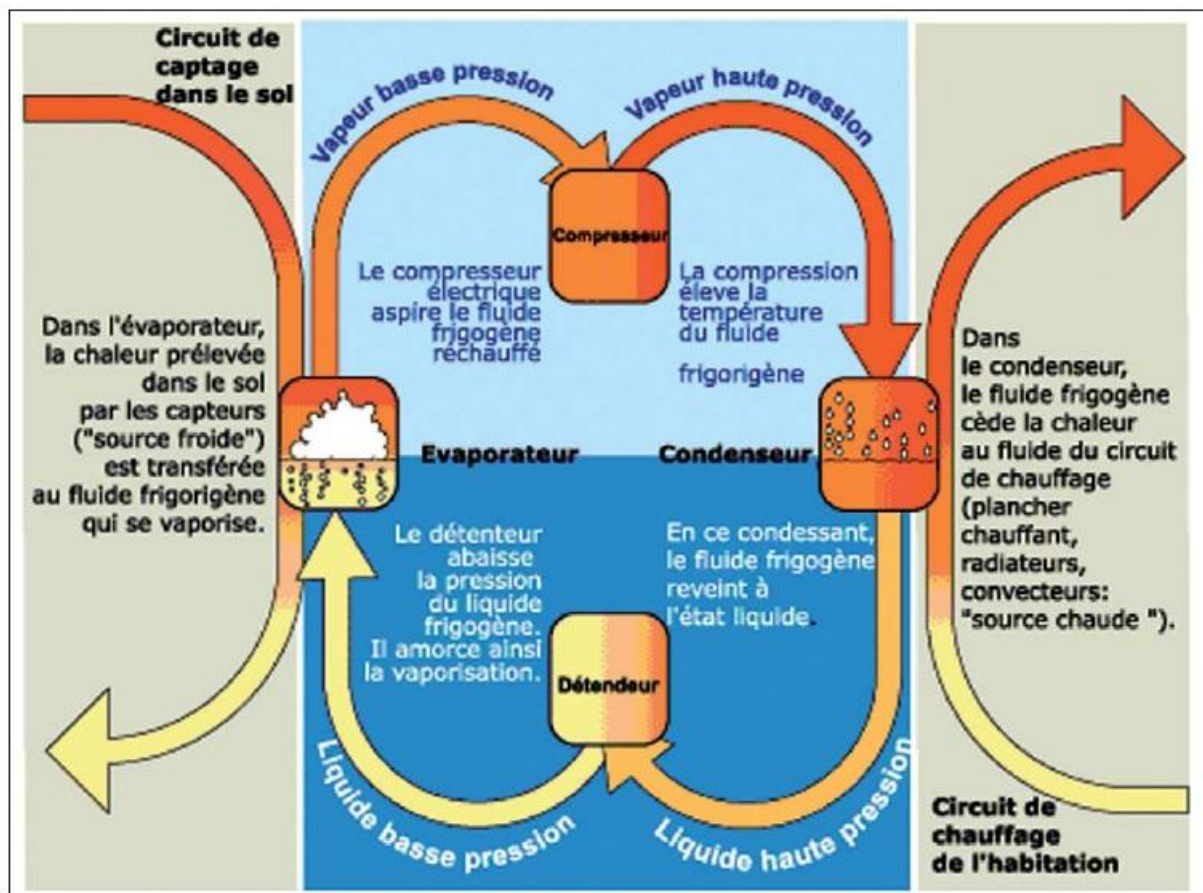


Fig. 1-18 : Principe de la pompe à chaleur

Les pompes à chaleur air/eau dont le COP ne dépasse pas 2.2 pendant les périodes les plus froides de l'année permettent plus difficilement d'atteindre les performances du label BBC dans le neuf, hors couplage avec des apports solaires complémentaires (ECS ou chauffage).

#### e) Systèmes innovants

- Système combiné capteur solaire + pompe à chaleur

Grâce à l'association d'un capteur solaire non vitré et d'une pompe à chaleur, ce système permet de produire de l'eau chaude sanitaire en réunissant les avantages des deux technologies.

Le Conseil général du Nord (France) a installé dans une dizaine de collèges une PAC eau/eau qui fournit l'eau chaude sanitaire des élèves en demi-pension, avec un taux de couverture des besoins par les capteurs solaires avoisinant 55 %, le reste est couvert par la PAC et un appoint d'environ 10 %. Le COP moyen annuel est de 3.

De nombreux systèmes innovants émergent sur le marché, on peut notamment citer les pompes à chaleur sur l'air extrait, celles récupérant l'énergie des eaux usées pour produire l'eau chaude sanitaire, la micro cogénération...

### ➤ **Régulation**

Une régulation performante est la meilleure façon de consommer peu.

Elle permet en premier lieu de respecter les températures de consigne, point fondamental de la consommation du poste chauffage.

En effet, les déperditions énergétiques d'un bâtiment sont fonction de ses caractéristiques thermiques propres et augmentent avec l'écart de température entre intérieur et extérieur (pour un passage de 19 à 20 °C, l'augmentation est d'environ 7 % de ces déperditions pour une température extérieure moyenne de 5°C).

On note également que dans un bâtiment basse consommation (comme pour un bâtiment traditionnel),

+1°C sur la température de consigne conduit à élargir la période de chauffage et donc la consommation de chauffage.

A propos des bâtiments basses consommations :

1°C supplémentaire de température de consigne induit une surconsommation d'énergie de 10 % à 15 % suivant l'usage du bâtiment (et non de 7 % comme pour les bâtiments RT 2005 [France]).

S'assurer du respect de la température de consigne est l'une des clés de la réalisation d'un bâtiment BBC. Pour y arriver, deux points sont indispensables :

- La mise en place d'une régulation primaire basée sur la température extérieure et d'une régulation terminale zone par zone, pour profiter des apports internes et solaires. Pour obtenir une régulation terminale fine, on préférera les moteurs électrothermiques aux robinets thermostatiques dont l'efficacité limitée ne permet pas de profiter des apports solaires et internes.
- La sensibilisation des usagers au respect de la température de consigne de 19°C. En effet, pour deux degrés de consigne supplémentaire, un bâtiment BBC aura au mieux les mêmes performances qu'un bâtiment RT2005 -30 % (soit 5 % de mieux que le label THPE), et les efforts portés sur l'enveloppe et les systèmes seront mal valorisés.

## **f) Dimensionnement**

Un dimensionnement précis des installations de production d'énergie est indispensable pour assurer un bon fonctionnement et des économies d'énergie importantes. Il est notamment indispensable de ne pas surdimensionner les installations de production de chauffage. Sauf cas particulier, une chaudière surdimensionnée aura un rendement médiocre et incompatible avec les objectifs BBC.

De plus ces surdimensionnements engendrent des surcoûts inutiles, alors que c'est précisément dans les bâtiments BBC que l'on peut observer de fortes moins-values sur le poste chauffage.

Les pompes de distribution ne doivent pas être surdimensionnées mais calculées au plus juste en fonction des caractéristiques du réseau de distribution. Il ne faut pas oublier que certaines de ces pompes fonctionnent toute l'année et que leurs consommations sont à peu près proportionnelles au cube du débit.

Enfin, les organes de chauffage (vannes, échangeurs, bouteille de mélange...) doivent être nécessairement isolés. Une vanne non isolée représente 1.5 m de conduite non isolée.

## **g) L'eau chaude sanitaire (ECS)**

L'ECS peut représenter plus de 50 % des consommations en énergie primaire d'un bâtiment performant. C'est un point très sensible à prendre en compte dès la conception du bâtiment.

Réduire les besoins à la source constitue le moyen le plus simple de limiter les consommations d'énergie liées à l'ECS. Plusieurs solutions existent :

- des temporisateurs, limiteurs de débit auto-régulés (4l/min) au nez des lavabos et éviers.
- les douchettes économes (venturi, turbulence...) à 7 l/min,
- installer des robinets temporisés (bouton-poussoir, détecteur de présence des mains)
- l'information des usagers sur la part importante de l'ECS dans leur facture

### **➤ Production par le solaire thermique**

La production solaire permet d'économiser jusqu'à 50 % sur les besoins en énergie pour la production d'eau chaude.

Il comprend des capteurs solaires thermiques posés en toiture, un système de circulation et de régulation et un ballon de stockage d'eau chaude. Il peut être utilisé indépendamment du système de chauffage.

Pour la production d'ECS, on prévoit un mètre à un mètre carré et demi de capteurs solaires thermiques par logement en habitat collectif social, et un volume de stockage d'environ 50 litres par mètre carré de capteurs. La productivité des capteurs atteint 400 à 500kWh/an/m<sup>2</sup>, en énergie utile, et couvre 40 à 50 % des besoins annuels.

L'été, la couverture des besoins est proche de 100 %, ce qui permet de ne pas utiliser la chaudière d'appoint et augmente donc sa durée de vie. Pour une installation 100 % renouvelable on peut coupler le chauffe-eau solaire avec une chaudière bois.

Pour un bâtiment BBC avec des usages d'eau chaude sanitaire réguliers et continus en été, le recours à une installation solaire thermique est fortement recommandé

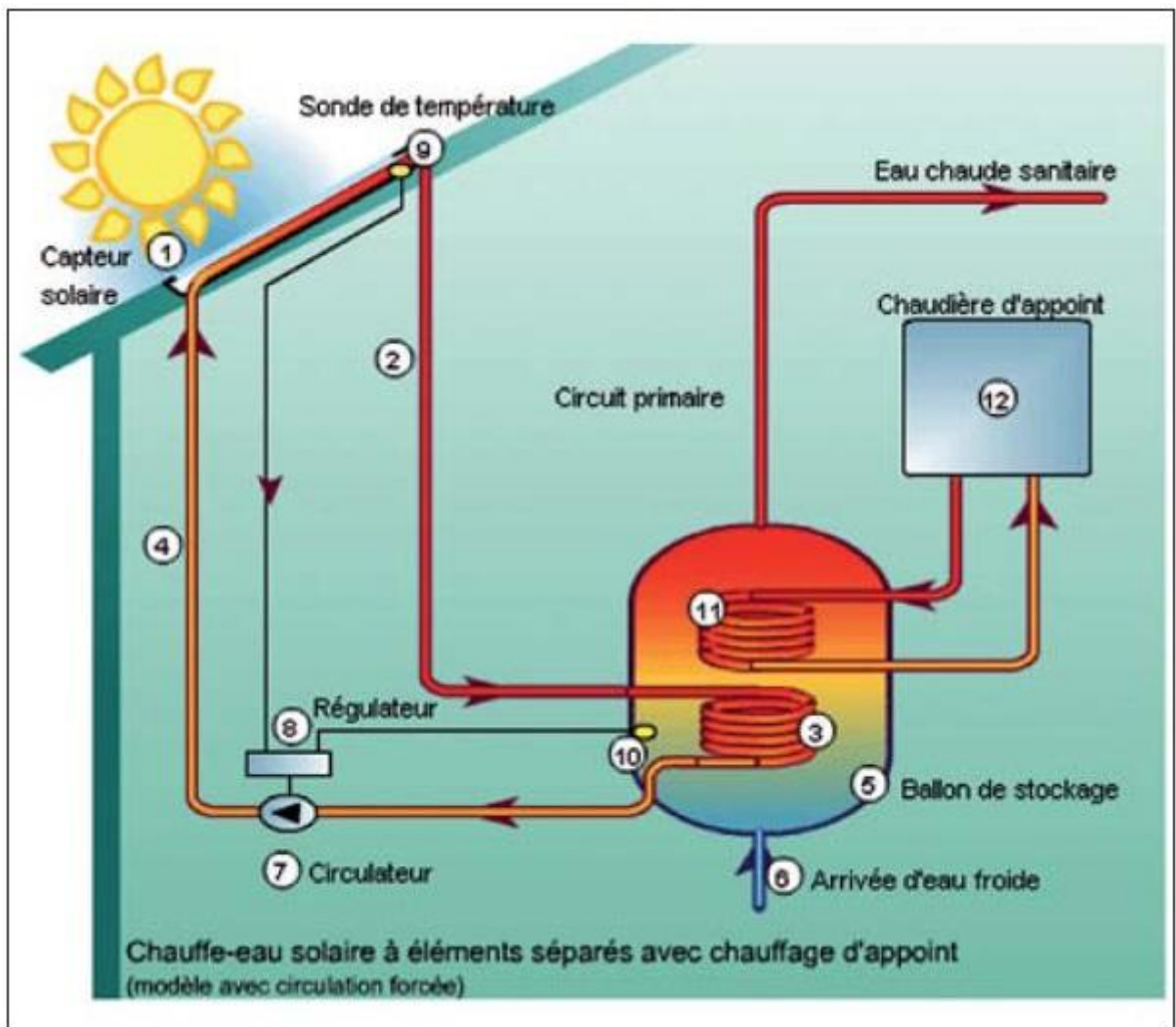


Fig. 1-19 : Exemple d'un système d'ECS



### ➤ **Distribution et stockage**

On veillera à limiter les points de puisage et à les regrouper autour d'une gaine technique unique, ainsi qu'à isoler les tuyaux d'ECS afin que les pertes n'excèdent pas 5W/ml. Les ballons mal isolés représentent aussi une forte déperdition d'énergie. L'utilisation d'une résistance équivalente à 10 cm de laine de roche limite les pertes liées au stockage et les surchauffes d'été qui en découlent.

Remarque : Pour diminuer les pertes, il est possible de diminuer la température de production de l'eau chaude sanitaire. Car, il n'y a pas de minimum de température de stockage pour un volume de ballon inférieur à 400 l et un réseau de distribution qui contient moins de 3 l. Sinon la température de stockage doit être de 55°C.

### **h) Les usages électriques**

Les solutions pour atteindre une meilleure efficacité électrique échappent au projet d'architecture et résident principalement dans le choix des appareils. La tâche est facilitée avec les étiquettes-énergie qui informent des caractéristiques de l'appareil.

Remarque : pour l'éclairage de sécurité, les systèmes classiques ont une puissance de veille pour compenser l'autodécharge des batteries comprise entre 5 et 7 W. Ceci représente une consommation de 60 kWh/an par bloc ; dans les bâtiments performants, ces dispositifs peuvent représenter 80 % de la consommation de tous les postes d'éclairage.

Certains systèmes récents ont une puissance de veille plus raisonnable de l'ordre de 1 à 2 W.

### ➤ **Rappel de quelques précautions :**

Dans un lave-linge ou un lave-vaisselle classique plus de 80 % de l'énergie est absorbée par le chauffage de l'eau. On peut considérablement réduire cette consommation en fournissant aux appareils de l'eau chauffée non électriquement (chauffe-eau solaire, par exemple). Ceci nécessite une double entrée « eau chaude, eau froide » sur l'appareil, qui permet d'injecter directement de l'eau chaude.

Les lave-vaisselle à double entrée existent, les lave-linge sont encore peu répandus.

Outre le choix de l'appareil, son emplacement importe, il est préférable, bien sûr, de ne pas installer le réfrigérateur à côté du four.

Dans le secteur tertiaire, le choix des équipements bureautiques doit tenir compte de l'adaptation des performances aux besoins, et de la consommation.

Attention à la consommation en veille !

### ➤ **Avantages de l'énergie solaire photovoltaïque**

L'énergie solaire photovoltaïque produit de l'électricité à partir du rayonnement solaire. Elle assure une production renouvelable et propre, exploitable aussi bien dans un village isolé qu'au centre d'une ville, aussi bien dans le Sud de l'Algérie que dans le Nord.

L'électricité, produite au plus près du lieu de consommation, de manière décentralisée, est facilement accessible au particulier.

Les systèmes photovoltaïques sont extrêmement fiables : aucune pièce mécanique n'est en mouvement, les matériaux employés (verre, aluminium) résistent aux pires conditions climatiques (notamment à la grêle), et leur durée de vie est de plusieurs dizaines d'années.

## **Chapitre 3.**

# **Prédimensionnement**

### 3.1. Introduction :

Le prédimensionnement des éléments résistants est une étape régie par les lois empiriques issues de l'expérience. Cette étape représente le point de départ et la base de la justification à la résistance, la stabilité et la durabilité de l'ouvrage. Pour ce faire, nous commençons le prédimensionnement du sommet vers la base :

- Les planchers ;
- Les poutres ;
- Les poteaux ;
- Les voiles.

### 3.2. Prédimensionnement des planchers :

Le plancher est une séparation entre les niveaux qui transmet les charges et les surcharges qui lui sont directement appliquées aux éléments porteurs tout en assurant des fonctions de confort comme l'isolation phonique, thermique et l'étanchéité des niveaux extrêmes.

Pour le bâtiment étudié, un seul type de planchers:

- Plancher à corps creux.

#### 3.2.1. Plancher a corps creux :

Ce type de plancher est constitué de poutrelles préfabriquées en béton armé espacées de 65 cm, des corps creux en béton expansé (hourdis) et une table de compression de faible épaisseur en béton armé par un treillis soudé.

- L'épaisseur du plancher h est obtenue par la formule empirique suivante [1]:

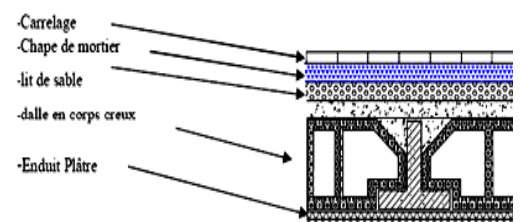
$$L / 25 \leq h \leq L / 20 \dots (2-1)$$

L : La plus grande portée, ici L= 580 cm. Ce qui nous donne un plancher constitué de hourdis de 20 cm et une table de compression de 5 cm.

### 3.3. Evaluation de charges et surcharges :

#### 3.3.1. Planchers courants :

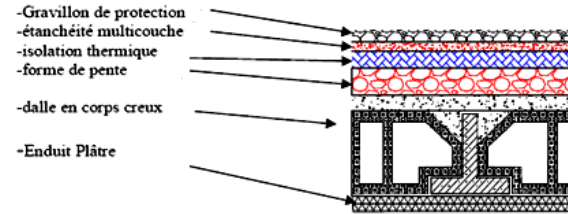
Couche			G [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Carrelage	2 cm	0.44
2	Mortier de pose	4 cm	0.90
3	Lit de sable	2 cm	0.36
4	Corps creux (20+5)		3.20
5	Enduit de ciment	1.5 cm	0.27
6	Enduit de plâtre	2 cm	0.20
7	Cloisons de distribution		0.50
Charge permanente			5.87



**Fig. 2-1 : Composants d'un plancher étage courant**

**3.3.2. Plancher terrasse :**

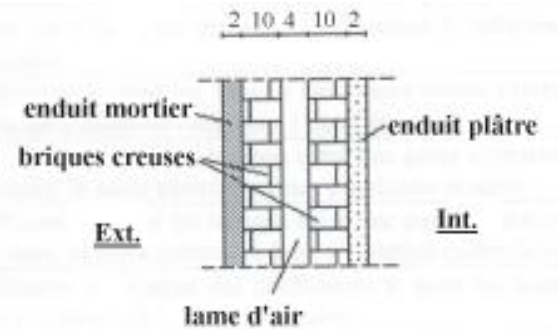
Couche			G [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Gravillon roulé	5 cm	0.80
2	Étanchéité	2 cm	0.12
3	Forme de pente	4 cm	2.2
4	Isolation thermique	3 cm	0.02
5	Corps creux (20+5)		3.20
6	Enduit de plâtre	2 cm	0.2
Charge permanente			6,54



**Fig. 2-2 : Composants d'un plancher terrasse**

**3.3.3. Cloisons doubles :**

Couche			G [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Enduit en plâtre	2 cm	0.73
2	Enduit en ciment	2 cm	0.73
3	Brique creuse	10 cm	2.44
4	Lame d'air	10 cm	00
5	Brique creuse	10 cm	2.44
6	Enduit de ciment	2 cm	0.73
Charge permanente			7.07



**Fig. 2-3 : Composants d'une cloison double**

**3.3.4. Surcharges d'exploitation :**

	Niveau courant	Terrasse non accessible	Escaliers
Surcharges [kN/m <sup>2</sup> ]	1.5	1.0	2.5

**Tab. 2-1 : Surcharges sur les planchers**

**3.4. Prédimensionnement des poutres :**

Les poutres sont des éléments structuraux chargés de la transmission des charges verticales aux poteaux et appareils d'attache pour ces derniers.

B : largeur de la base de la poutre ;

H : hauteur totale de la poutre ;

Le Prédimensionnement des poutres est donné par les formules empiriques suivantes [2]:

$$\text{Portée}_{\max} / 15 \leq h \leq \text{Portée}_{\max} / 10$$

$$0.3h \leq b \leq 0.7h$$

Les dispositions constructives sur les dimensions minimales de poutres on zone III [3] :

$$h \geq 30 \text{ cm}$$

$$b \geq 20 \text{ cm}$$

$$h/b \leq 4$$

$$b_{\max} \leq 1.5h + b_1$$

Donc les dimensions des poutres sont :

Orientation		Dimensions [cm <sup>2</sup> ]
Poutre principale	Parallèle a YY	50*35
Poutre principale	Parallèle a XX	35*25
Poutre secondaire	Parallèle a XX	30*20
Poutre secondaire	Parallèle a XX	30*20

**Tab. 2-2** : Dimensions des poutres

### 3.5. Prédimensionnement des poteaux :

Descente des charges :

Niveau	Dégression	Q cumulée [kN/m <sup>2</sup> ]
Sous la terrasse	$Q_0$	1.00
Sous le 5 <sup>e</sup> étage	$Q_0 + Q_1$	2.50
Sous le 4 <sup>e</sup> étage	$Q_0 + 0.95 (Q_1 + Q_2)$	3.85
Sous le 3 <sup>e</sup> étage	$Q_0 + 0.90 (Q_1 + Q_2 + Q_3)$	5.05
Sous le 2 <sup>e</sup> étage	$Q_0 + 0.85 (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4)$	6.10
Sous le 1 <sup>e</sup> étage	$Q_0 + 0.80 (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5)$	7.00
Sous le RDC	$Q_0 + 0.80 (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6)$	10.37

**Tab. 2.-3** : Règle de dégression

**Terrasse :**

- poids du plancher revenant au poteau :

$$G \times S = 6,54 \times 18,02 = 117,85 \text{ kN}$$

- poids des poutres longitudinales revenant au poteau :

$$S \times l \times \rho_b = 0,35 \times 0,5 \times 5,5 \times 25 = 24,06 \text{ kN}$$

- poids des poutres transversales revenant au poteau :

$$B \times h \times l = (0,3 \times 0,35 \times 1,775 + 0,2 \times 0,3 \times 1,475) \times 25 = 6,87 \text{ kN}$$

- poids de l'acrotère revenant au poteau : S.h.  $\rho_b$

$$S = (0.6 \times 0.1) + (0.08 \times 0.15) + ((0.02 \times 0.15)/2) = 0.0735 \text{ m}^2$$

La masse :  $0.0735 \times 25$

$G = 1.84 \text{ KN/m}$

**Poids propre du poteau :**

Etant donnée l'importance et les dimensions du bâtiment on considère une section forfaitaire du poteau égale a  $0,40 \times 0,40$ .

D'où poids des poteaux :  $Pt = S \cdot h \cdot \rho_b$  avec :

$$\left\{ \begin{array}{l} S : \text{section du poteau.} \\ h : \text{hauteur du poteau.} \\ \rho_b : \text{masse volumique du béton.} \end{array} \right.$$

$Pt = 0,4 \cdot 0,4 \cdot 25 \cdot 3,24 = 12,96$

$N_u \leq \bar{N}_u$

$$N_u \leq \alpha \times \left[ \frac{B_r \times f_{c28}}{0,9 \times \gamma_b} + \frac{A \times f_e}{\gamma_s} \right]$$
 On a

- $B_r$  : section réduite du poteau
- $A$  : section d'acier comprimé
- $\lambda$  : élancement mécanique
- $\alpha$  : coefficient fonction de l'élancement mécanique

Niveau	Eléments	G [kN]	$N_G$ [kN]	$Q$ [kN]	$1N_u$ [kN]	$1.11N_u$ [kN]
Sous la terrasse	Poutre P	24,06	168,96	20,88	259,42	285,36
	Poutre S	6,87				
	Poteau	12,96				
Sous le 5 <sup>e</sup> étage	Plancher	125,07	320,25	52,2	510,64	561,70
	Poutre P	24,06				
	Poutre S	6,87				
Sous le 4 <sup>e</sup> étage	Poteau	12,96	471,54	80,4	757,18	832,90
	Plancher	107,4				
	Poutre P	24,06				
Sous le 3 <sup>e</sup> étage	Poutre S	6,87	622,83	105,44	998,98	1098,88
	Poteau	12,96				
	Plancher	107,4				
Sous le 2 <sup>e</sup> étage	Poutre P	24,06	774,12	127,37	1236,12	1359,73
	Poutre S	6,87				
	Poteau	12,96				
Sous le 1 <sup>e</sup> étage	Plancher	107,4	925,41	146,16	1468,54	1615,40
	Poutre P	24,06				
	Poutre S	6,87				
Sous le RDC	Poteau	12,96	1076,7	216,53	1778,34	1956,174
	Plancher	107,4				
	Poutre P	24,06				

**Tab. 2.-4** : Effort normal revenant au poteau

On prend  $A=0,1*0,4*0,4$  ;  $\gamma_b = 1,5$   $\gamma_s = 1,15$

$$\alpha = \frac{0,85}{1+0,2\left(\frac{\lambda}{35}\right)^2} \text{ pour } \lambda \leq 50.$$

Avec

$$\alpha = 0,6\left(\frac{50}{\lambda}\right)^2 \text{ pour } 50 < \lambda \leq 70.$$

$$\lambda = \frac{l_f \times \sqrt{12}}{a} \text{ et } l_f = 0,7 \times l_0$$

On a pris ( $a = 40$  cm)  $\lambda=20,24$  et  $\alpha=0,8$

$$B_r = (a - 0,02)^2. \quad \mathbf{B_r = 0,38^2}$$

$$\mathbf{N_u = 0,8 [(0,38^2 * 25 / 0,9 * 1,5) + (0,40^2 * 400 / 1000 * 1,15)] = 2184 \text{ kN}}$$

Alors on prend une section de  $35*35 \text{ cm}^2$  pour les 3 premiers étages, et une section de  $30*30 \text{ cm}^2$  pour les autres étages.

### 3.6. Dimensionnement des voiles :

D'après le RPA 99 Version 2003 l'épaisseur minimale des voiles est de 15 cm. De plus l'épaisseur (e) doit être déterminée en fonction de la hauteur d'étage (h) et des conditions de rigidité aux extrémités.

$$\begin{cases} \text{Min}(e) \geq \frac{h}{20} \\ e \geq \text{Max}\left(\frac{h}{25}; \frac{h}{22}; \frac{h}{20}\right) \end{cases}$$

Pour le rez de chaussée  $h=3,34$  m

$$\begin{aligned} \text{D'où } \text{Min}(e) &\geq 334/20=16,7\text{cm} \\ e &\geq \text{Max}(13,36 ; 15,18 ; 16,7) \end{aligned}$$

On prend donc  $e = 18$  cm.

Pour l'étage courant  $h=3,24$  m

$$\begin{aligned} \text{D'où } \text{Min}(e) &\geq 324/20=16,2\text{cm} \\ e &\geq \text{Max}(12,96 ; 14,72 ; 16,2) \end{aligned}$$

On prend donc  $e = 17$  cm.



Afin d'augmenter la rigidité et la sécurité de notre bâtiment Vis-à-vis du séisme on a préféré maintenir une épaisseur des voiles constante de 18 cm jusqu'au 3<sup>ème</sup> étage.

### 3.7. Implantation des voiles :

Le choix sur l'emplacement des voiles c'est fait de tel façon que le centre de torsion soit proche du centre d'inertie, et pour que l'effort sismique soit repris dans les deux sens X et Y, tout en respectant les plans de l'architecte et l'éventualité de modifications futures.

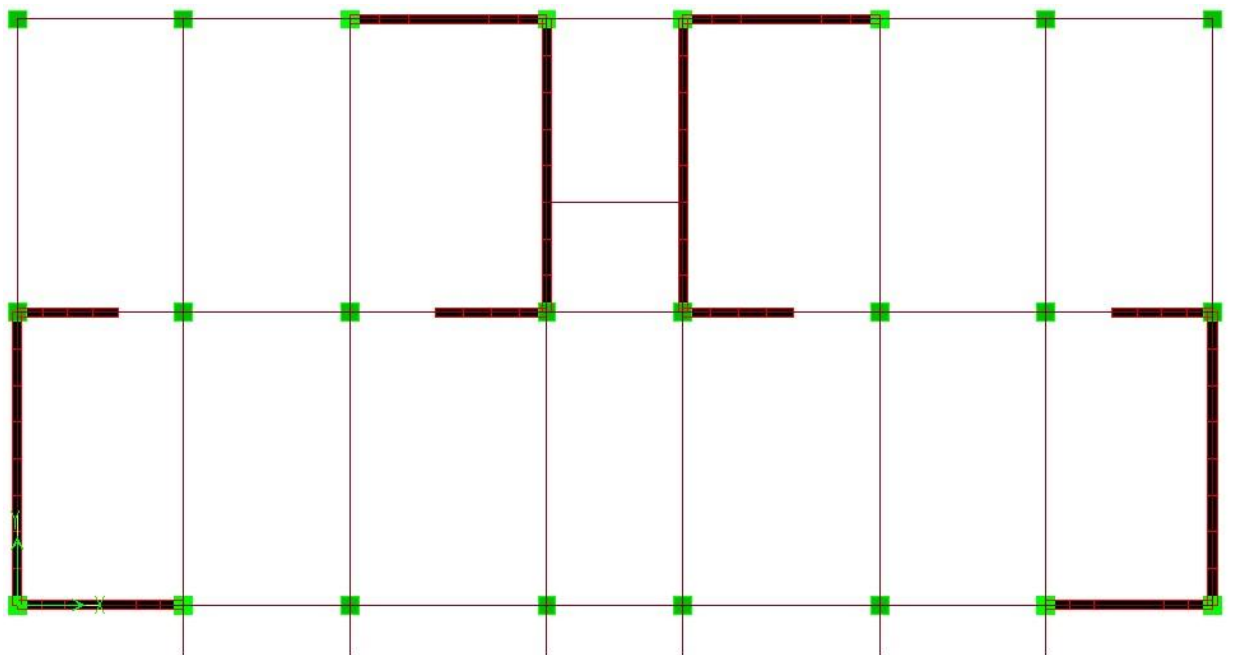


Fig. 2-4 : Vue en plan des voiles

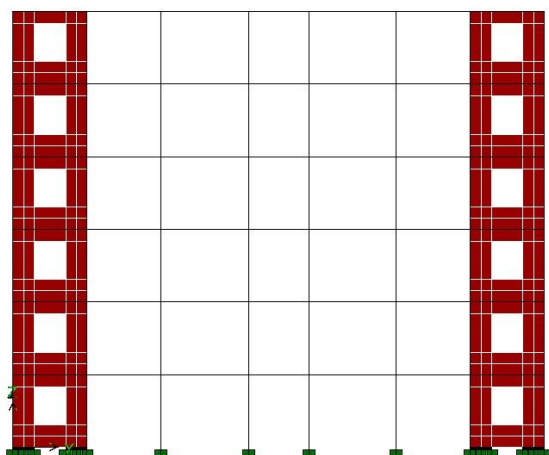


Fig. 2-5-1 : Vue de face des voiles

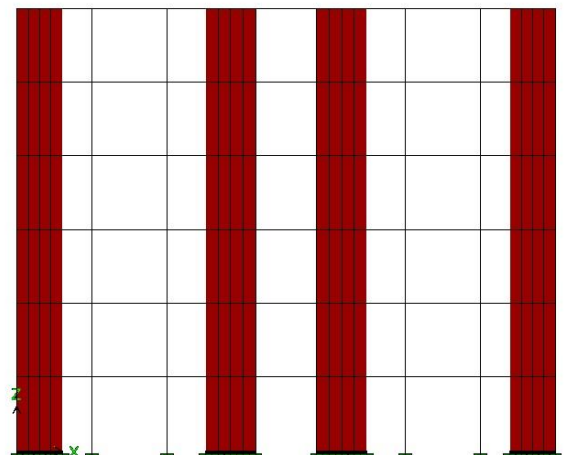
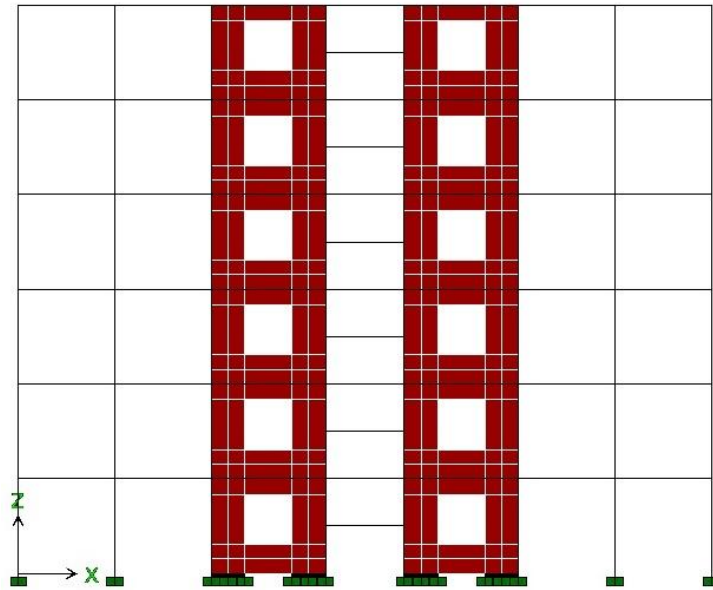
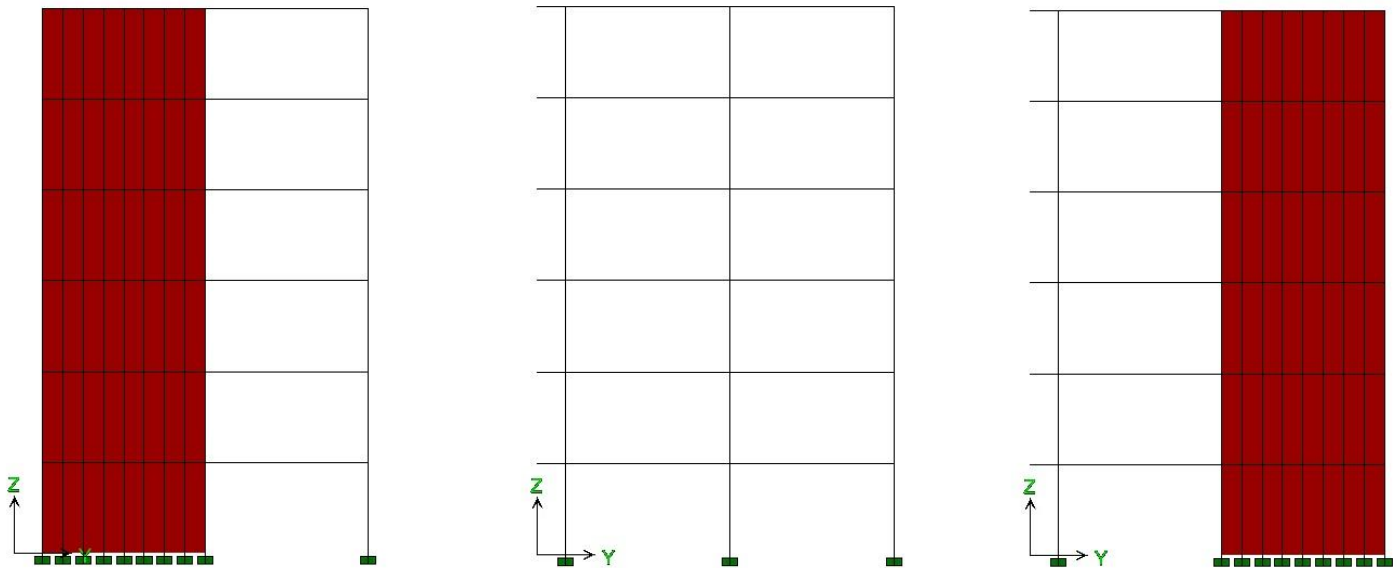


Fig. 2-5-2 : Vue de face des voiles



**Fig. 2-5-3 :** Vue de face des voiles



**Fig. 2-6 :** vue en élévation des voiles

## **Chapitre 4.**

# **Eléments Non Structuraux**

## 4.1. Introduction :

Les éléments non structuraux sont les éléments qui n'ont pas une fonction porteuse ou de contreventement. Ce sont des éléments en maçonnerie comme les cloisons et les murs de façade.

Le calcul des éléments secondaires se fait généralement sous l'action des charges permanentes et des surcharges d'exploitation. Cependant, certains doivent être vérifiés sous l'action de la charge sismique (la composante verticale ou horizontale) comme ils doivent répondre aux dispositions constructives de la réglementation parasismique.

Dans le présent chapitre, on va aborder le calcul des éléments non structuraux suivants :

- L'acrotère ;
- Les escaliers ;
- Les planchers à corps creux (poutrelles et table de compression) ;

## 4.2. Calcul de L'acrotère :

### 4.2.1. Introduction :

L'acrotère est un élément de sécurité au niveau de la terrasse, il forme une paroi contre toute chute. Il est considéré comme une console encastrée à sa base, soumise à son poids propre et à une surcharge horizontale due à une main courante.

Le calcul se fera en flexion composée au niveau de la section d'encastrement pour une bande de 1m linéaire.

L'acrotère est exposé aux intempéries, donc la fissuration est préjudiciable. Dans ce cas, le calcul se fera à l'ELU et à l'ELS.

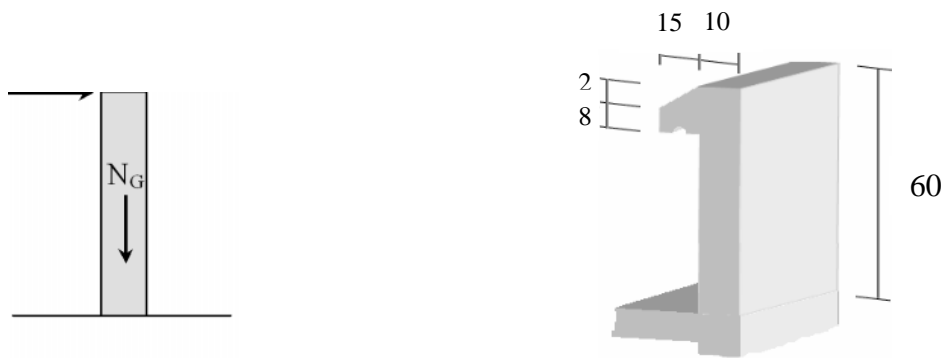


Fig. 3-1 : Acrotère : détails et modélisation

### 4.2.2. Evaluation des sollicitations de calcul.

#### Surface de l'acrotère.

$$S = (0.6 \times 0.1) + (0.08 \times 0.15) + ((0.02 \times 0.15)/2) = 0.0735 \text{ m}^2$$

$$\text{La masse : } 0.0735 \times 25$$

$$G = 1.84 \text{ KN/m}$$

#### Surcharge :

$$Q = 1.00 \text{ KN}$$

**Sollicitations :**

A l'ELU :

$$N_u = 1.35 \times G = 1.35 \times 1.84 = 2.48 \text{ KN}$$

$$M_u = 1.5 \times Q \times 0.6 = 0.9 \text{ KN.m}$$

$$T_u = 1.5 \times Q = 1.5 \text{ KN}$$

A l'ELS :

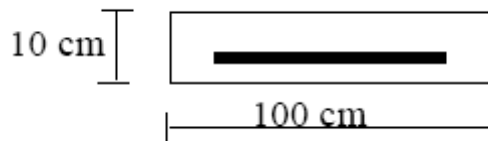
$$N_{ser} = 1 \times G = 1.84 \text{ KN}$$

$$M_{ser} = Q \times 0.6 = 0.6 \text{ KN.m}$$

$$T_{ser} = 1 \times Q = 1 \text{ KN}$$

3.2.3. Calcul du ferrailage :

Le calcul se fait pour une section rectangulaire avec :



$$h = 10 \text{ cm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

Et un enrobage de 2 cm

**a- Calcul à l'ELU :**

Le ferrailage trouvé est :

$$A_{sup} = 0$$

$$A_{inf} = 0.28 \text{ cm}^2$$

**b- Vérifications à l'ELS :**

*Axe neutre:  $X = 0.1 \text{ cm}$*

$$\sigma_b = 1.9 \text{ Mpa} \leq \sigma_{b,lim} = 15 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_s = 237.1 \text{ Mpa} \leq \sigma_{s,lim} = 400$$

*Mpa*

Si vérifier

**a- Condition de non fragilité**

Donnée par la formule suivante

$$A_{smin} \geq 0.23 \times b \times d \times f_t^{2/3} / f_e$$

$$A_{smin} = 1.21 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \max A_{smin}, A_{ser}, A_u = 1.21 \text{ cm}^2$$

Soit 4 Ø 8 ( $A_s = 2.01 \text{ cm}^2$ )

Espacement [4]:  $St \leq \min 3h, 33 \text{ cm}$

$$St \leq 30 \text{ cm}$$

On prend :  $St = 25 \text{ cm}$

Les forces horizontales peuvent agir sur les deux faces de l'acrotère, donc le ferrailage sera identique pour la zone comprimée.

ELU	Pivot	$\sigma_s$ ‰	$\Sigma b$ ‰	$\sigma_s$ [MPa]	$A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_{s2}$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_s \text{ min}$ [cm <sup>2</sup> ]
	A	10,00	0,17	237,1	0,28	0,0	1,21
ELS	Axe neutre [cm]	$\sigma_b$ [MPa]	$\sigma_b \text{ lim}$ [MPa]	$\Sigma_s$ [MPa]	$\sigma_s \text{ lim}$ [MPa]		
	1	1,9	15,0	201,6	201,6		

**Tab. 3-1** : Résultats du calcul du ferrailage de l'acrotère

**b- Vérification au cisaillement :**

La contrainte de cisaillement dans le béton est donnée par :

$$\tau_u = V_u / b_0 \times d$$

Cette contrainte doit rester inférieure à la contrainte admissible donnée en fonction de l'inclinaison des armatures transversales et le préjudice de la fissuration ;

$$\tau_u = \min (0.15 \times f_{c28}, 4\text{MPa}) = 3.75 \text{ MPa}$$

$$\text{Or : } \tau_u = 1.5 \times 10^{-3} / 1 \times 0.08 = 0.187 \text{ MPa}$$

$\tau_u < \tau_u \Rightarrow$  Le béton seul suffit pour reprendre l'effort tranchant.

### c- Vérification au séisme :

Le règlement parasismique Algérien, préconise une vérification de l'acrotère à la composante horizontale de la charge sismique donnée par :

$$F_p = 4 \times A \times C_p \times W_p$$

Le ferrailage obtenu sous l'action des surcharges d'exploitation et des charges permanentes est suffisant lorsque la condition suivante est remplie :

$$F_p \leq 1.5 \times Q$$

Dans le cas contraire, un calcul à l'état limite accidentelle est obligatoire, et pour les deux cas de figures, une disposition symétrique des armatures est à prendre (prise en compte du changement du signe du moment fléchissant dû au changement de direction de la composante horizontale du séisme).

$A = 0,15$  : Coefficient d'accélération de zone;

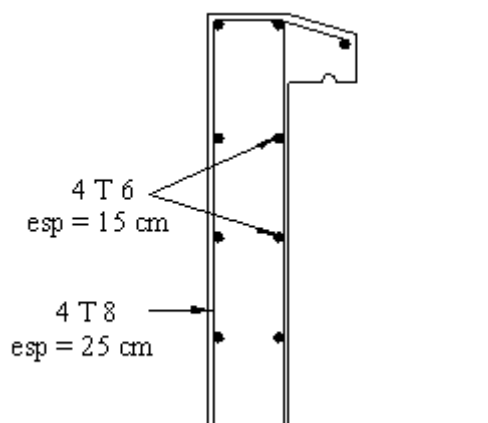
$W_p = 1.84 \text{ kN}$  : Poids de l'acrotère ;

$C_p = 0,8$  : Facteur de force horizontale.

$$F_p = 4 \times 0.15 \times 0.8 \times 1.84 = 0.88 \text{ KN}$$

$$F_p \leq 1.5 \times Q = 1.5 \text{ KN}$$

En conséquence, on devra utiliser la section minimale d'armatures (condition de non fragilité) des deux cotés, avec des armatures de répartition d'une section au moins égale à un quart des armatures principales.



**Fig. 3-2** : plan de ferrailage de l'acrotère

## 4.3. L'escalier :

### 4.3.1. Introduction :

Les escaliers sont constitués de volées classiques en béton armé reposant sur des paliers coulés sur place.

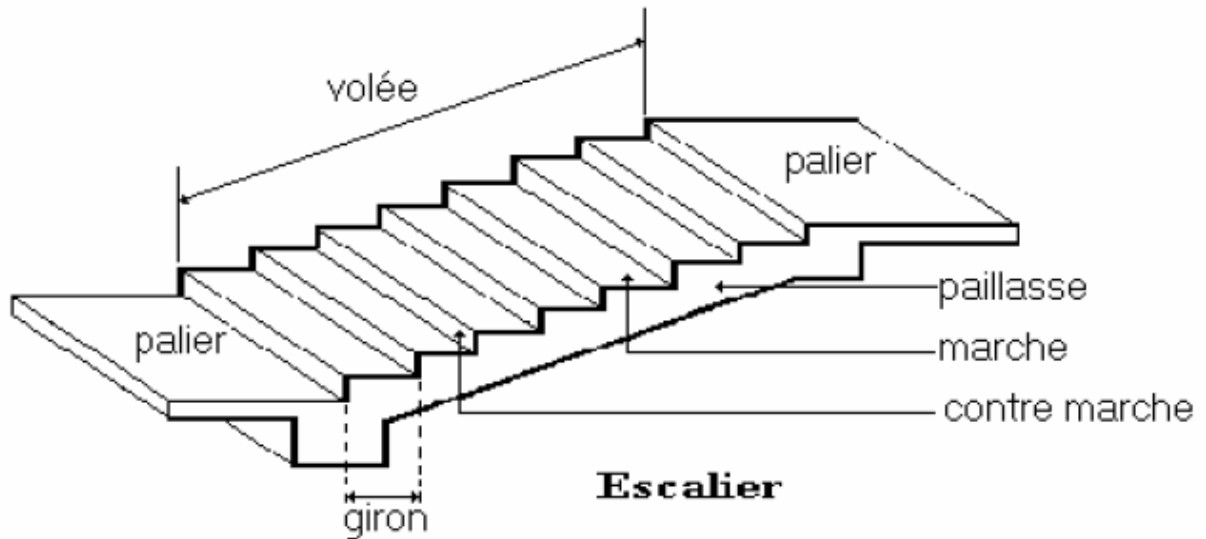


Fig. 3-3 : Escalier

### 3.3.2. Détermination des dimensions des différents éléments de l'escalier :

Afin de déterminer les dimensions des marches, giron ' $g$ ', contre marche ' $h$ '  
On utilisera la formule dite empirique de BLONDEL :

$$59 < 2h + g < 66$$

$h$  : Varie de 14 à 20cm.

$g$  : Varie de 22 à 33cm.

En fixe la valeur de  $h$  comme suit :

L'hauteur à franchir est : 162cm

Pour 10 marches on aura :  $h = 162/10 = 16.2 \text{ cm}$

On adopte  $h=17 \text{ cm}$

En vérifiant la formule de BLONDEL on peut choisir  $g$  comme suit :  $g = 30 \text{ cm}$

La formule de BLONDEL reste vérifier

$$(59 < 2h + g = 2 \times 17 + 30 = 64 < 66)$$

Nombre de contre marches

$$N = (162/17) / 0,17 = 9 \text{ contre marche.}$$

Nombre de marches

$$m = n - 1 = 9 - 1 = 8 \text{ marche.}$$

Donc, on aura 8 marches avec :

$$h = 17 \text{ cm}$$

$$g = 30 \text{ cm}$$

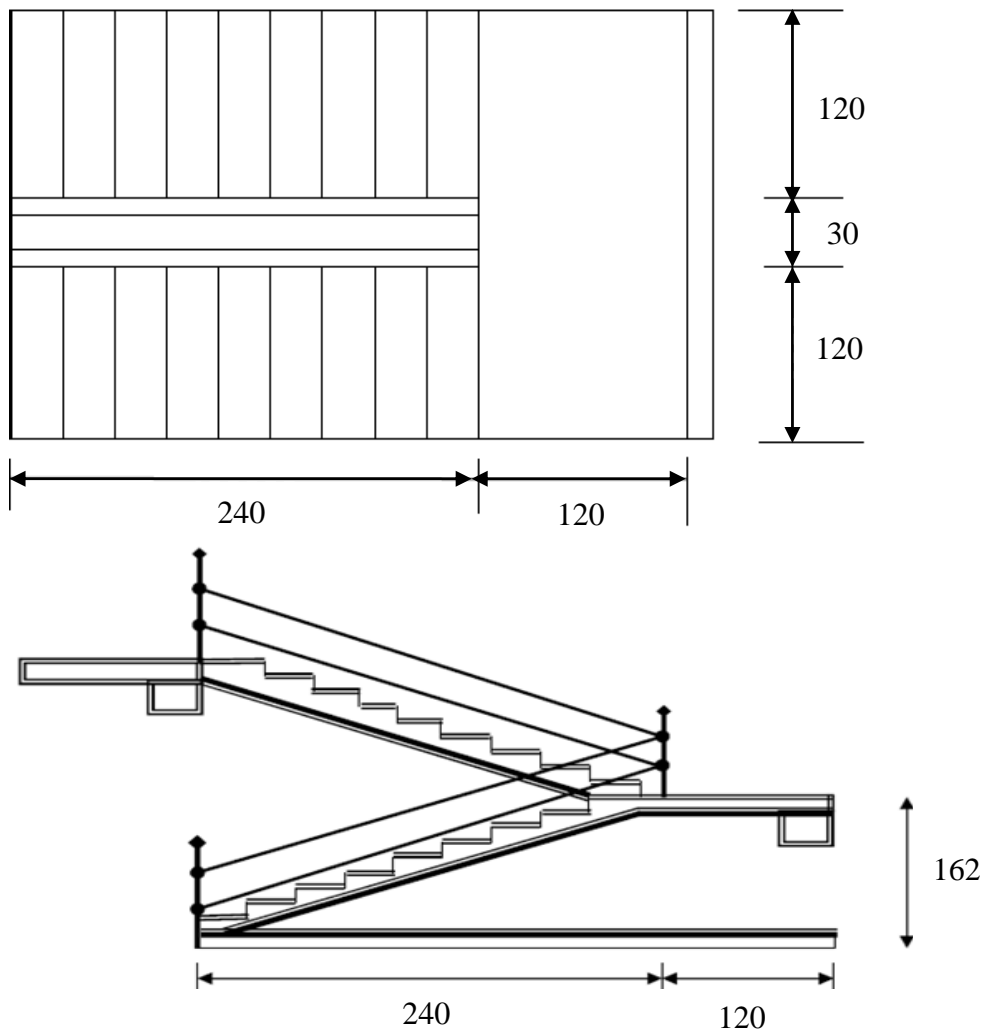
### 4.3.3. Dimensionnement :

#### A) Paillasse.

Les volées d'escaliers sont calculées comme des poutres inclinées dont la largeur est égale à un mètre.

Les escaliers ne doivent pas avoir de flèche excessive. Les paillasse doivent donc avoir une épaisseur suffisante. Dans un immeuble d'habitation, il faut que :

$$e \geq \max \{(\text{portée}/30)*10\text{cm}\}$$



**Fig. 3-4 : dimension des escaliers**

$$\tan \alpha = 162/240 = 0.675 \text{ donc } \alpha = 34.02^\circ$$

$$\text{Portée} = L = 162/\cos \alpha = 195 \text{ cm}$$

$$e \geq \max(195/30, 10 \text{ cm}) = (6,5\text{cm} ; 10\text{cm})$$

On choisit  $e = 12$

#### Palier inter étage.

Un palier est une dalle dans laquelle est incluse une poutre palière. La dalle d'un palier doit



avoir une épaisseur au moins égale à celle de la paillasse. C'est pour quoi nous allons adopter la même épaisseur que pour la paillasse.

#### 4.3.4. Evaluation des charges.

La charge permanente est le poids du béton armé et du revêtement de sol.

Elément	Couche	Epaisseur cm	G [kN/m <sup>2</sup> ]	G [kN/m <sup>2</sup> ]	Q [kN/m <sup>2</sup> ]
Paillasse	Carrelage	2,0	0,44	6,90	2,50
	Mortier de pose	2,0	0,45		
	Marches	$h / 2 = 8,5$	2,12		
	Paillasse	$e / \cos \alpha = 14,48$	3,62		
	Enduit de ciment	1,5	0,27		
Palier	Carrelage	2,0	0,44	4,16	2,50
	Mortier de pose	2,0	0,45		
	Palier	12	3,00		
	Enduit de ciment	1,5	0,27		

**Tab. 3-2** : Actions sur l'escalier

#### 4.3.5. Modélisation.

Comme la volée d'escalier ne repose directement sur la poutre palière que sur un seul coté, le modèle de calcul à prendre est une poutre qui englobe la volée d'escalier et le palier en même temps. Cette poutre est initialement considérée comme simplement appuyée des deux cotés puis comme semi encastree afin de s'approcher de la solidarité présente entre les éléments de l'escalier et l'appui (la poutre palière).

##### a) Combinaisons d'actions.

	G [kN/m <sup>2</sup> ]	Q [kN/m <sup>2</sup> ]	ELU $1,35G+1,5Q$ [kN/m <sup>2</sup> ]	ELS G+Q [kN/m <sup>2</sup> ]
Palier	4,16	2,50	9,37	6,66
Paillasse	6,90	2,50	13,07	9,40

**Tab. 3-3** : Combinaison des actions sur l'escalier

**b) Sollicitations de calcul.**

Moment max en travée [kN.m]		Effort tranchant max en appui [kN]	
ELU	ELS	ELU	ELS
6.62	4.8	18,01	12.95

**Tab. 3-4 :** Sollicitations de calcul

**4.3.6. Calcul du ferrailage.**

La section transversale de la poutre qui modélise les éléments de l'escalier (palier et paillasse) est (100 x 12), avec un enrobage de 2 cm, les résultats de calcul des armatures longitudinales sont donnés dans le tableau suivant :

ELU	Pivot	$\Sigma_s$ ‰	$\sigma_b$ ‰	$\sigma_s$ [MPa]	$A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_{s2}$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_s$ min [cm <sup>2</sup> ]
	A	10,00	2,38	264,9	1.95	0,0	1,30
ELS	Axe neutre [cm]	$\Sigma_b$ [MPa]	$\sigma_b$ lim [MPa]	$\sigma_s$ [MPa]	$\sigma_s$ lim [MPa]	$\sigma_s$ lim [MPa]	
	1.9	4.8	15,0	161,3	400,0		

**Tab. 3-5 :** Résultats du calcul du ferrailage des escaliers courants

Le diamètre des barres à utiliser ne doit pas dépasser le dixième de l'épaisseur de la dalle avec un espacement maximal inférieur ou égal au : min (33 cm ; 3 \* épaisseur).

La section d'armatures longitudinales à adopter est **2HA12 /ml**.

Des armatures de répartition sont à prévoir, avec une section au moins égale au quart de celle des armatures principales, ce qui va nous donner **2HA10 /ml**.

**3.3.7. Vérification au cisaillement.**

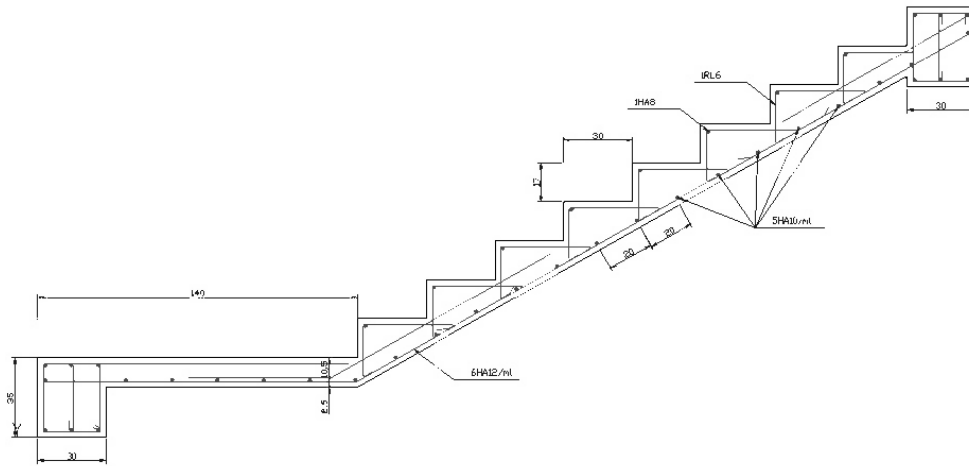
La contrainte de cisaillement du béton est donnée par la formule :

$$\tau_u = V_u / b_0 \times d = 18,01 * 10^{-3} / 0,9 * 1 * 0,108 = 0,185 \text{ MPa}$$

Comme la fissuration est peu nuisible, la contrainte admissible de cisaillement sera donnée par :

$$\tau = \min \{ (0,2f_{c28} / \gamma_b) ; 5 \text{ MPa} \} = \min (3,75 ; 5) = 3,75 \text{ MPa}$$

Ce dernier est bien supérieur à  $\sigma_b \rightarrow$  Le béton seul suffit pour reprendre l'effort tranchant.



**Fig. 3-5 : Ferrailage des escaliers courants**

## **4.4. Plancher à corps creux :**

### **4.4.1. Introduction :**

Les planchers ont un rôle très important dans la structure. Ils supportent les charges verticales puis les transmettent aux éléments porteurs et aussi ils isolent les différents étages du point de vue thermique et acoustique.

La structure étudiée comporte des planchers à corps creux. Ce type de plancher est constitué par des éléments porteurs (poutrelle), et par des Éléments de remplissage (corps creux) de dimensions  $(20 \times 20 \times 65) \text{ cm}^3$ , avec une dalle de compression de 5 cm d'épaisseur.

### **4.4.2. Calcul des poutrelles.**

Les poutrelles sont des éléments préfabriqués en béton armé, disposées parallèlement les unes par rapport aux autres, dans le sens de la petite portée et distancées par la largeur d'un corps creux (hourdis). Le rôle des poutrelles dans le plancher est d'assurer la transmission des charges verticales directement appliquées sur ce dernier aux poutres principales.

Le dimensionnement des poutrelles passe par deux étapes :

- Le calcul avant coulage de la table de compression ;
- Le calcul après coulage de la table de compression ;

#### **a) Avant coulage.**

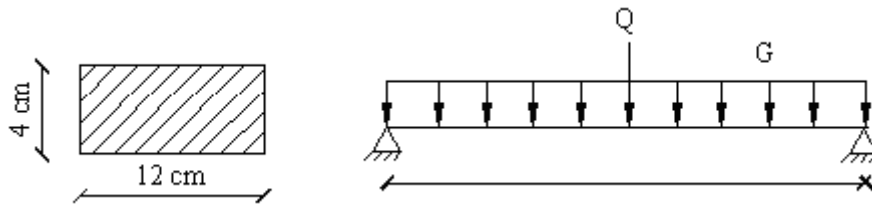
Les poutrelles sont considérées comme des poutres isostatiques soumises à leur poids propre, au poids des entrevous et une surcharge concentrée  $Q$  appliquée en travée (à mi-portée) due à la présence d'un ouvrier sur le plancher

### a-1 Evaluation des charges et surcharges:

#### Charge permanente:

		<b>G</b> <b>[kN/m]</b>
<b>Poutrelle</b>	0,12*0,04*25	0,12
<b>Entrevous</b>	0,65*1	0,65
<b>Total</b>		0,77

**Tab. 3-6 :** Charges permanentes de calcul des poutrelles avant coulage



**Fig. 3-6 :** Schéma statique de la poutrelle

#### Charges d'exploitation :

$Q = \text{Max} (1 \text{ kN (au milieu de la poutrelle)} ; 0.5 \text{ kN/ml de portée})$

$Q = \text{max} (1 \text{ kN} ; 0,5 * 3.9) = 1,95 \text{ kN}$

#### a-2 Sollicitations :

Moment fléchissant :

$$M_G = G \times L^2 / 8 = 1.46 \text{ KN. m}$$

$$M_Q = Q \times L / 4 = 1,90 \text{ KN. m}$$

$$\text{A l'ELU} : M_u = 1.35 \times M_G + 1.5 \times M_Q = 4,82 \text{ KN. m}$$

$$\text{A l'ELS} : \sigma_s = \sigma + \sigma = 3.36 \text{ } \square \square . \square$$

$$\mu = M_u / b d^2 f_{bu} = 4,82 * 10^{-3} / 0,12 * 0,02^2 * 14,2 = 7,07 \geq \mu_{lim} = 0.39$$

Les armatures comprimées A' sont nécessaires, cependant la section est faible, pour cela on prévoira des étaielements pour aider la poutrelle à supporter les charges qui lui reviennent avant coulage de la table de compression.

#### a-3 Calcul des étaielements:

L'étaielement doit nous ramener a un moment capable de vérifier l'inégalité :

$$M_{ELU} / b x d^2 x f_{bu} < \mu_{lim} = 0,39$$

$$M_{ELU} = 1,35 \square \times \square^2 / 8 + 1,5 \square \times \square / 4$$

$$1,35 \times \frac{l^2}{8} + 1,5 \times \frac{l}{4} < b \times d^2 \times f_{bu} \times \mu_{lim}$$

Si nous supposons que la nouvelle portée est inférieure à 2m, on a donc  $Q=1\text{kN}$   
 Alors il faut prévoir cinq étaielements le long de la travée espacés de 65 cm pour que la poutrelle supporte les charges avant coulage de la dalle de compression.

**b. Après coulage :**

La poutrelle est considérée comme une poutre continue.

On a un seul type de poutres :

- 3 travées (3,9; 3,3 ; 2,9)

**1. Calcul des actions :**

La surface du plancher qui revient à chaque poutrelle est une bande de largeur 0.65 m

Niveau	G [KN/m]	Q [KN/m]	ELU [KN/m]	ELS [KN/m]
Terrasse	4,25	0,650	6,71	4,90
RDC	3,82	0,975	6,62	4,80
I eme étage				

**Tab 3.7 :** sollicitation de calcul pour les poutrelles

Comme les valeurs des actions sont proches, on va prévoir un seul type de poutrelles (en fonction du ferrailage), les actions à prendre pour le calcul sont les plus grandes.

## 2. Sollicitations de calcul :

Pour avoir les sollicitations de calcul on va utiliser le logiciel de calcul de poutre continue RDM6. Les résultats sont donnés dans le tableau 3-14.

Type		Sollicitations	Valeurs max	Diagrammes
3 travées	ELU	Moment d'appui [kN.m]	-9,83	
		Moment en Travée [kN.m]	8,32	
		Effort tranchant d'appui [kN]	12,36 -15,60	
	ELS	Moment d'appui [kN.m]	-7,18	
		Moment en travée [kN.m]	6,07	
		Effort tranchant d'appui [kN]	9,03 -11,39	

**Tab.3-8** : Sollicitations de calcul des poutrelles après coulage

### a) Armatures longitudinales

Le calcul du ferrailage va se faire à l'ELU seulement car la fissuration est considérée comme peu nuisible. Les sections d'armatures seront déterminées par le logiciel de vérification

de ferrailage

Type	Position	Moment ELU [kN.m]	Armatures Supérieures	Armatures Inférieures
3 travées	Appuis	-9,83	T12+T12	0
	Travée	8.32	0	2T10

**Tab.3-9** : Ferrailage des poutrelles

### b) Armatures transversales

En adoptant une inclinaison des armatures transversales :  $\alpha = 90^\circ$ , et avec une section d'armatures transversales de 2T6 l'espacement des armatures transversales peut être déterminé par la formule suivante :

$$s_t \leq [M_{ELU} \times 0.9 \times \sigma_{st}] / [(f_{ct} - \sigma_0) \times b] = [0,57 \times 10^{-4} \times 0,9 \times 348] / [(3,62 - 0,63) \times 0,04] = 0,149 \text{ m}$$

Avec :  $\sigma_0 = 0.3 \times \sigma_{st} \times \alpha = 0.3 \times 2.1 \times 1 = 0.63 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_{st} = V_u / b_0 \times d = 3,62$

On prend  $s_t = 14 \text{ cm}$

### 2. Vérification au cisaillement.

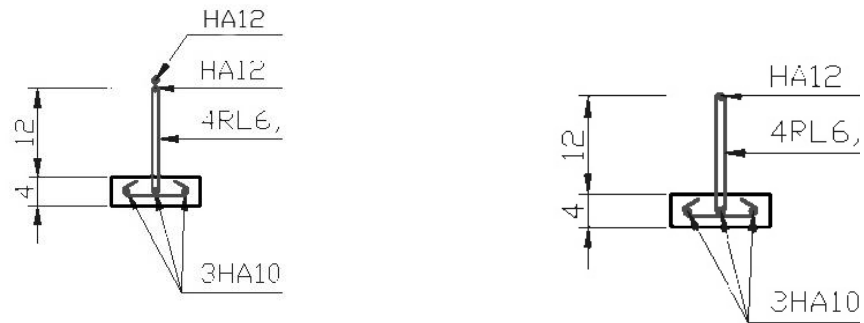
La vérification se fera à l'ELU en comparant la contrainte de cisaillement du béton dans l'âme de la poutrelle à la contrainte de cisaillement admissible donnée pour le cas de la fissuration peu nuisible avec des armatures transversales verticales

$$\tau_{ELU} = (T_{ELU} / 0,9 \times b \times d) \leq \min(0,2 \times f_{ct} / 1,15 ; 5 \text{ MPa}) = 3,75 \text{ MPa}$$

Type	Position	Effort tranchant max ELU [kN.m]	$\tau_b$ [MPa]	$\tau_b$ [MPa]
3 travées	Appuis	15,60	2,38	5

**Tab. 3-10** : Contraintes de cisaillement dans l'âme des poutrelles

Pour des raisons constructives, on va adopter le même ferrailage pour toutes les poutrelles, et prévoir des chapeaux en zone d'appuis. L'épure d'arrêt des barres sera déterminée par la méthode forfaitaire.



**Fig. 3-7 : Schémas de ferrailage des poutrelles :**  
a – en zone d'appuis      b- en travée

### 3. Table de compression :

La table de compression a une épaisseur de 5 cm avec un espacement de 65 cm entre poutrelles. La section d'armature à prévoir doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Espacement pour les armatures perpendiculaires aux nervures au plus égale à 20 cm ;
- Espacement pour les armatures parallèles aux nervures au plus égale à 33 cm ;
- La section d'armatures dans le sens perpendiculaire aux nervures est donnée par :

$$A_s = 5 \times \frac{A_{s1}}{65} \quad A_{s1} = 5 \times 65 / 240 = 1.35 \text{ cm}^2$$

En conséquence, le treillis soudé qui sera utilisé sera à maillage carré de 25 cm x 25 cm et de nuance FeE240 avec des Ø6.



## **Chapitre 5.**

# **Etude Dynamique**

## 5.1. Introduction.

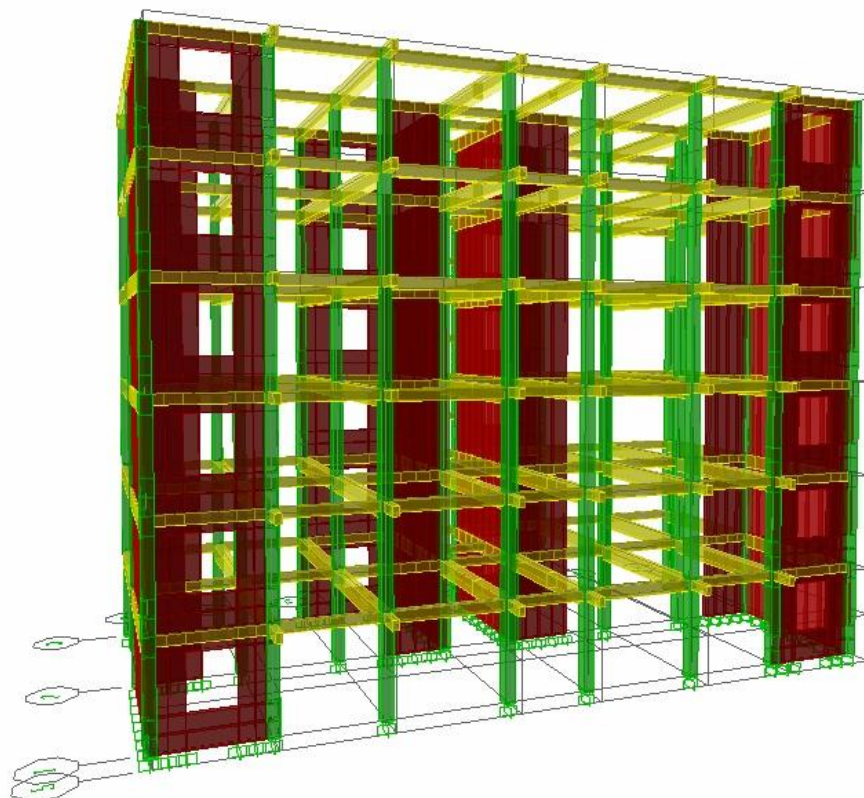
Toutes les structures physiques réelles ont un comportement dynamique lorsqu'elles sont soumises à des forces ou des déplacements. Les forces additionnelles d'inertie de la deuxième loi de NEWTON, sont égales à la masse fois l'accélération. Si les forces ou les déplacements sont appliquées lentement, les forces d'inertie peuvent être négligées, et une analyse statique peut être justifiée.

De plus toutes les structures réelles ont un nombre infini de déplacements, c'est pour quoi la phase la plus critique dans l'analyse d'une structure est de créer un modèle avec un nombre fini d'éléments et de déplacements nodaux qui va nous permettre une simulation du comportement de la structure réelle.

## 5.2. Stratégie adoptée.

Le bâtiment étudié est un R+5 implanté en zone III, l'utilisation d'un contreventement par portiques est donc interdite. On doit donc introduire des voiles avec les portiques.

## 5.3. Modélisation.



**Fig. 4-1** : Model 3D sur ETABS

L'étude de ce bâtiment est basée sur les résultats d'une modélisation en trois dimensions sur le logiciel ETABS.

Le modèle ne comporte que les éléments résistants (poteaux, poutres et voiles), les planchers et les escaliers, le reste des éléments sont introduits comme un chargement. La théorie des planchers rigides est mise en évidence par une déclaration de diaphragmes rigides.

Les sources de masse pour l'étude dynamique sont les charges permanentes et les surcharges d'exploitations avec une minoration :

$$W = G + \beta * Q = G + 0.2 * Q \dots (4-1)$$

$$W = 21098,40 \text{ kN}$$

### 5.3.1. Caractéristiques du bâtiment avec les différentes dispositions.

Les caractéristiques géométriques (centre de masse et centre de torsion) de chaque niveau de la structure données par ETABS sont représentées dans le tableau 4-1.

Niveau	Centre de masse [m]		Centre de torsion [m]	
	X	Y	X	Y
5	11,91	5,48	11,85	5,10
4	11,85	5,63	11,85	5,19
3	11,85	5,62	11,85	5,35
2	11,85	5,63	11,85	5,62
1	11,91	5,66	11,85	6,01
RDC	11,85	5,63	11,85	6,20

**Tab. 4-1 :** Caractéristiques du bâtiment

#### L'excentricité :

Pour l'étage courant

$$e_x = 0,00 \text{ m}$$

$$e_y = 0,13 \text{ m}$$

Pour l'étage terrasse

$$e_x = 0,00 \text{ m}$$

$$e_y = 0,27 \text{ m}$$

Le RPA limite l'excentricité accidentelle à une valeur maximale de 5% de la plus grande dimension de la structure

$$e = \max (t_{théorique} ; e_{RPA}) = 5\% (L_{max} = 23,7\text{m}) = 1,18$$

On prend  $e_x = 1,18 \text{ m}$

$$e_y = 1,18 \text{ m}$$

Donc l'excentricité reste bien inférieure à 5% de la plus grande dimensions.

## 5.4. Action sismique.

La détermination de la réponse de la structure peut se faire par deux méthodes de calcul dont le choix est fonction à la fois du type de la structure et de la nature de l'excitation dynamique :

- La méthode statique équivalente ;
- La méthode d'analyse modale spectrale

### Caractéristiques du bâtiment :

- longueur du bâtiment :  $L_x = 23,70$  m.
- largeur du bâtiment:  $L_y = 12,00$  m.
- hauteur du bâtiment:  $h_n = 20,20$  m.
- Poids du bâtiment :  $W = 21098,4$  kN.
- Hauteur du RDC :  $h = 3.34$  m.
- Hauteur d'étage courant :  $h = 3,24$  m.

#### 5.4.1. Méthode statique équivalente :

Dans cette méthode, les actions sismiques réelles qui se développent dans la construction, sont remplacées par un système de forces statiques fictives. Les effets de ces forces sont considérés équivalents à ceux provoqués par mouvement du sol dans une direction quelconque.

L'intensité effective de l'action sismique est donnée sous la forme d'effort tranchant maximum à la base de la structure,

Soit :

$$V = (A \times D \times Q/R) \times W \dots (4-2)$$

**A** : coefficient d'accélération donne par le tableau 4.1 des règles RPA en fonction de la zone sismique et du groupe d'usage.

**R**: facteur de comportement dépendant de type du système de contreventement de la structure,

**D**: facteur d'amplification dynamique, dépendant de la période T et du type de sol d'assise de fondation.

**Q**: facteur de qualité, dépendant de la qualité du système structurel (régularité en plan, en élévation, control de la qualité des matériaux.....etc.).

**W**: Poids du bâtiment (déterminé à partir de l'équation (4-1)) ;

$$D_x = D_y$$

et

$$Q_x = Q_y$$

<b>A</b>	<b>D</b>	<b>Q</b>	<b>R</b>	<b>V [kN]</b>
0.25	2,04	1.15	5	2582,44

**Tab. 4-2** : Charge sismique à la base par la méthode statique équivalente

#### 5.4.2. Méthode d'analyse modale spectrale.

L'introduction de l'action sismique sous forme de spectre de réponse pour prédire les déplacements et les sollicitations dans les éléments d'une structure est une méthode qui présente des avantages pour l'utilisation de l'analyse par ordinateur. La méthode assure le calcul des valeurs maximales seulement dans chaque mode en utilisant un spectre qui représente la moyenne de plusieurs actions sismiques.

### 5.4.2.1. Modes à considérer.

Le nombre de modes de vibration à considérer doit être tel que

:

- La somme des masses modales effectives pour les modes retenus soit au moins égale à 98% de la masse totale de la structure ;
- Ou que tous les modes retenus ont une masse modale effective supérieure à 5% de la masse totale ;
- Le minimum de modes à retenir est de 3 ;

Dans le cas où les conditions citées ci-dessus ne sont pas observées, le nombre de modes à considérer est donné par l'inégalité suivante :

$$K \geq 3 \times N \text{ et } T_K \leq 0.2 \text{ (s)} \dots (4-3)$$

N : Nombre de niveau au dessus du sol ;

$T_K$  : Période du mode K.

Mode	Période [s]	% de la masse modale suivant X	% de la masse modale suivant Y	% cumulé de la masse modale suivant X	% cumulé de la masse modale suivant Y
1	0,4669148	70,34626	5,4009E-07	70,34626	5,4009E-07
2	0,2634903	9,192E-07	71,76099	70,34626	71,76099
3	0,2397311	0,02920946	0,01210435	70,37547	71,7731
4	0,1135656	19,43624	2,6504E-06	89,81171	71,7731
5	0,07855026	0,4545642	8,5419E-08	90,26628	71,7731
6	0,07796767	0,09693493	9,5766E-08	90,36321	71,7731
7	0,07785222	0,02572981	2,3974E-09	90,38895	71,7731
8	0,07779095	1,0849E-16	4,7324E-14	90,38895	71,7731
9	0,07779095	4,8031E-15	2,1119E-14	90,38895	71,7731
10	0,07772297	3,6057E-16	2,0784E-17	90,38895	71,7731
11	0,07772297	2,9892E-16	2,5048E-15	90,38895	71,7731
12	0,07772297	4,8466E-14	3,7432E-14	90,38895	71,7731
13	0,07760769	0,00340245	8,3846E-07	90,39235	71,7731
14	0,07579624	0,3312369	2,094E-05	90,72359	71,77312
15	0,06737851	5,7152E-07	20,62381	90,72359	92,39693
16	0,06265239	0,00178562	0,0021222	90,72537	92,39906
17	0,0510971	5,17735	1,38E-06	95,90272	92,39906
18	0,03363722	2,5942E-05	4,787789	95,90275	97,18685
19	0,03302678	2,304618	2,2499E-05	98,20737	97,18687
20	0,03169832	0,03028034	0,00038082	98,23764	97,18726

**Tab. 4-3** : Participation de la masse modale effective

L'une des vérifications préconisées par le RPA99 est relative à la résultante des forces sismiques. En effet la résultante des forces sismiques à la base  $V_t$  obtenue par la combinaison des valeurs modales ne doit pas être inférieure à 80% de la résultante des forces sismiques déterminées par la méthode statique équivalente  $V$ . Si :

$$V_t \leq 0.8 V \quad (4-4)$$

Il faudra augmenter tous les paramètres de la réponse (forces, déplacements, moments,...) dont le rapport

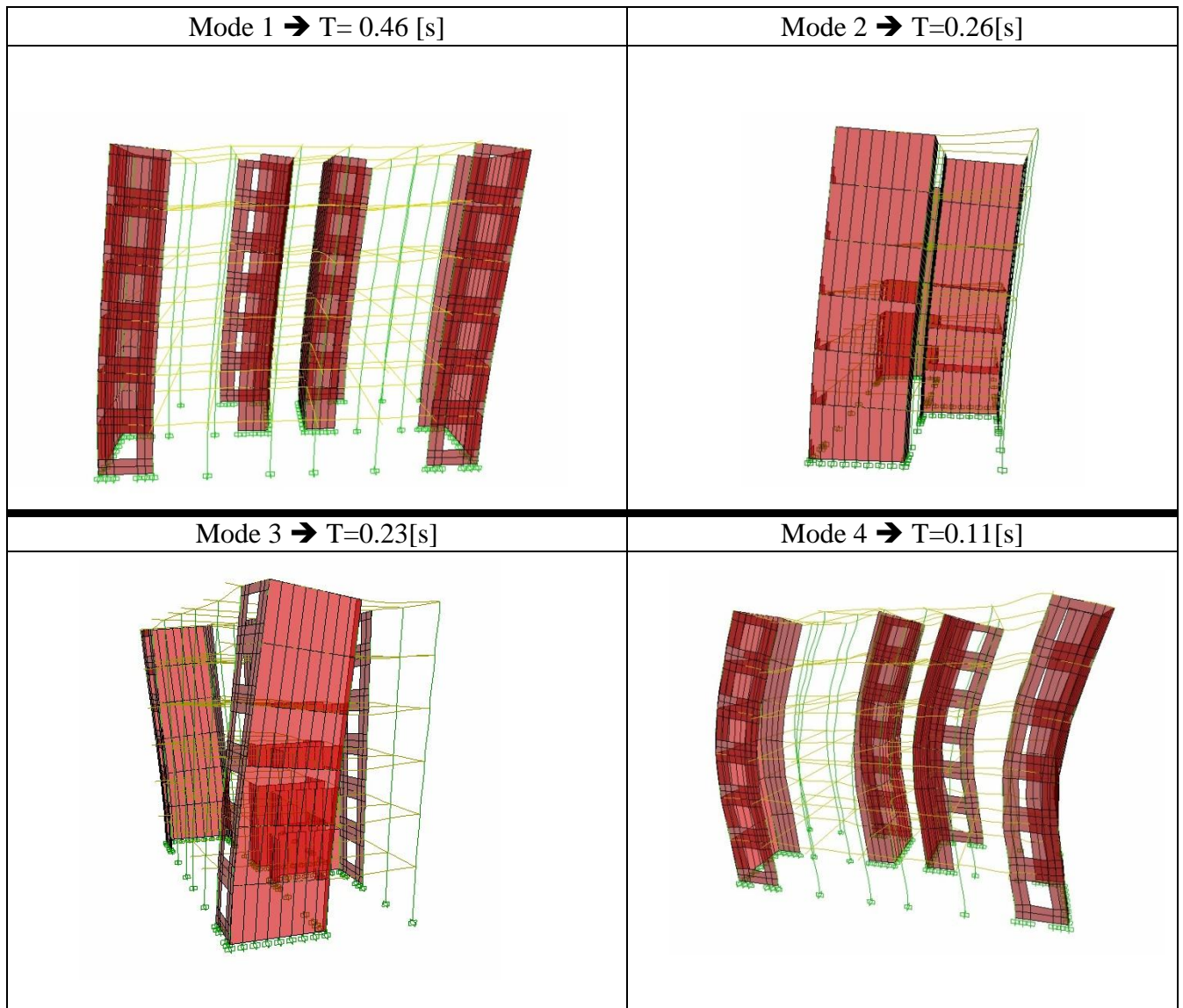
$$r = 0.8 \times V/V_t$$

ETABS donne la valeur à la base :  $V_x = 3937,4 \text{ kN}$   
 $V_y = 4142,6 \text{ kN}$

La méthode statique équivalente a donnée :  $V = 2582,44 \text{ kN} \rightarrow 0.8 \times V = 2065,95 \text{ kN}$

$$V_t > 0.8 \times V \dots \dots \dots \textit{vérifier}$$

D'après l'analyse dynamique de la structure, et la comparaison avec le code algérien 3 on peut dire que notre structure résiste bien à l'action sismique malgré qu'elle soit implantée en zone de forte sismicité ce qui explique bien le rôle des systèmes de contreventements utilisés



**Fig. 4-2** : principaux modes de vibrations

#### 5.4.2.2. Combinaison des modes.

La méthode la plus conservatrice utilisée pour estimer une valeur maximale d'un déplacement ou d'une force dans une structure est la méthode **ABS** (la somme des valeurs absolues des réponses modales). Cette méthode suppose que toutes les valeurs modales maximales se produisent en même temps.

Une approche très commune, c'est d'utiliser la méthode **SRSS** (la racine carrée de la somme des carrés) avec les valeurs modales maximales des déplacements ou des forces. Cette méthode suppose que toutes les valeurs modales maximales sont statiquement indépendantes. Pour des structures en trois dimensions, où plusieurs fréquences sont identiques, cette supposition n'est pas justifiée.

Une autre méthode recommandée est la méthode **CQC** (combinaison quadratique complète), qui est basée sur la théorie des vibrations aléatoires. La valeur d'une force est estimée à

partir des valeurs modales maximales par la formule :

$$(4-5) \quad \sqrt{F= \sum_m \sum_n f_n \rho_{mn} f_m \dots}$$

$f_n$  : force modale associée au mode n  
 $\rho_{mn}$  : coefficient modal de CROSS pour la méthode CQC avec un amortissement  $\zeta$  constant donne par:

$$\rho_{mn} = 8\zeta^2(1+r)r^{3/4}/[(1-r^2)^2 + 4\zeta^2 r(1+r)^2] \dots (4-6)$$

$r = \omega_n/\omega_m$  : doit être inférieur ou égale a 1

Il est important que la matrice des coefficients modaux de CROSS soit symétrique et que tous les termes soient positifs.

### 5.4.2.3. Spectre de réponse de calcul.

Le spectre de réponse utilisé est déterminé par :

$$S_a/g = \begin{cases} 1,25A(1+T ((2,5\eta Q/R) - 1)) /T_1 & 0 \leq T \leq T_1 \\ 2,5\eta(1,25A)(Q/R) & T_1 \leq T \leq T_2 \\ 2,5\eta(1,25A)(Q/R)(T_2/T)^{2/3} & T_2 < T < 3 \text{ s} \\ 2,5\eta(1,25A)(Q/R)(T_2/T)^{2/3}(3/T)^{5/3} & T \geq 3 \text{ s} \end{cases}$$

Les coefficients utilisés sont les mêmes que ceux donnés dans le paragraphe 4.4.1 avec la seule différence de facteur de qualité, les conditions de régularité en plan et de régularité en élévation sont automatiquement prises en considération par EABS ;

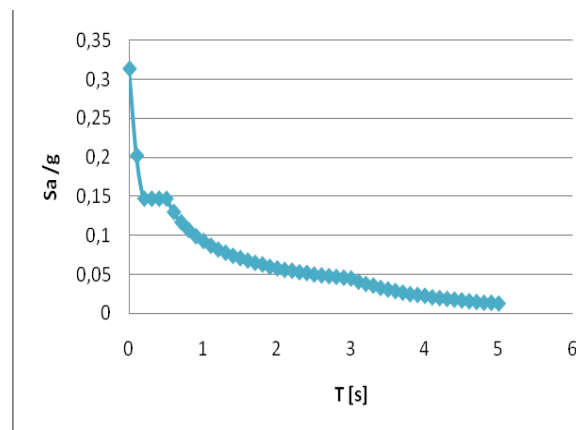
- $Q=1,15$
- $\eta=0.8165$
- $T$  : période
- $T_1= 0,15 \text{ s}$  et  $T_2=0,5 \text{ s}$       Fonction du site d’implantation de l’ouvrage.



Les valeurs du spectre sont données dans le tableau 4-4.

T [s]	S <sub>a</sub> /g	T [S]	S <sub>a</sub> /g	T [S]	S <sub>a</sub> /g
0.0	0,313	1.7	0,065	3.4	0,033
0.1	0,202	1.8	0,063	3.5	0,031
0.2	0,147	1.9	0,060	3.6	0,029
0.3	0,147	2.0	0,058	3.7	0,027
0.4	0,147	2.1	0,056	3.8	0,025
0.5	0,147	2.2	0,055	3.9	0,024
0.6	0,130	2.3	0,053	4.0	0,023
0.7	0,117	2.4	0,052	4.1	0,021
0.8	0,107	2.5	0,050	4.2	0,020
0.9	0,099	2.6	0,049	4.3	0,019
1.0	0,093	2.7	0,048	4.4	0,018
1.1	0,087	2.8	0,047	4.5	0,017
1.2	0,082	2.9	0,046	4.6	0,016
1.3	0,078	3.0	0,045	4.7	0,015
1.4	0,074	3.1	0,041	4.8	0,014
1.5	0,071	3.2	0,038	4.9	0,014
1.6	0,068	3.3	0,036	5.0	0,013

**Tab. 4-4 :** Valeurs du spectre de réponse de calcul



**Fig. 4-3 :** Spectre de réponse de calcul

#### 5.4.2.4. Les effets orthogonaux et l'analyse spectrale.

Une structure bien dimensionnée doit être capable de résister à des actions sismiques égales agissant dans n'importe quelle direction. Certains règlements exigent un dimensionnement sous l'action de 100% de la charge sismique dans une direction, et plus de 30% dans la

direction perpendiculaire, d'autres exigent plus de 40% au lieu de 30%. Cependant, aucune indication n'est donnée sur le choix de ces directions orthogonales pour des structures complexes. Pour les structures rectangulaires où l'on peut facilement déterminer les directions principales, ces pourcentages donnent les mêmes résultats que la combinaison **SRSS**.

Pour les structures tridimensionnelles complexes, la direction qui va produire la contrainte maximale dans un élément ou dans un point spécifié n'est pas apparente.

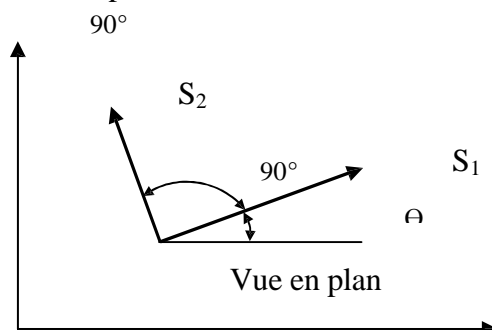
Il est raisonnable de supposer que les déplacements qui naissent lors d'un séisme ont une direction principale ou que lors d'un intervalle fini de temps quand les accélérations maximales du sol se produisent, la direction principale existe. Pour la majorité des structures, cette direction n'est pas connue et pour la majorité des locations géographiques, ne peut pas être estimée. Cependant, le seul critère rationnel pour le calcul parasismique est que la structure doit être capable de résister à un séisme d'une magnitude donnée dans n'importe quelle direction. En plus des mouvements dans la direction principale, il est probable qu'il y ait simultanément d'autres mouvements dans la direction normale. De plus, et à cause de la complexité de la propagation des ondes tridimensionnelles, il est justifié de supposer que les mouvements normaux sont statiquement indépendants.

En se basant sur ces suppositions, le critère du calcul parasismique précédemment cité, peut s'énoncer comme suit :

“ Une structure parasismique doit résister à un mouvement sismique majeur de magnitude  $S_1$  pour tout angle d'excitation possible  $\theta$  et en même temps résister à un mouvement sismique de magnitude  $S_2$  agissant avec un angle de  $90^\circ$  de l'angle  $\theta$  “. (Fig. 4-4)

#### a. Les équations de base pour le calcul des sollicitations spectrales.

Le critère cité précédemment implique que plusieurs analyses avec différents angles d'excitations doivent être faites pour avoir les sollicitations et les contraintes maximales de calcul. Cependant, il a été démontré qu'on peut évaluer de façon exacte les valeurs maximales des sollicitations pour n'importe quel élément d'une structure à partir d'une seule analyse dans laquelle deux déplacements dynamiques sont appliqués. De plus, ces sollicitations maximales ne sont pas variables avec le choix du système.



**Fig. 4-4 :** Direction d'introduction d'excitation de l'action spectrale

La figure 4-4, indique que les actions spectrales de bases  $S_1$  et  $S_2$  sont appliquées avec un angle arbitraire  $\theta$ . Dans quelques points typiques, une sollicitation, une contrainte ou un déplacement  $F$  est le résultat de cette action. Pour faciliter l'analyse, il va être supposé que l'action spectrale mineur est une fraction de l'action majeure ;

$$S_2 = a * S_1$$

$$\dots (4-7)$$

Une méthode de combinaison des effets des spectres orthogonaux a été présentée par MENU et

Der KIUREGHIAN : la méthode **CQC3**.

L'équation fondamentale pour estimer la valeur maximale est :

$$F = [F_0 + a^2 F_{90} - (1 - a^2)(F_0 - F_{90}) \sin^2 \theta + 2(1 - a^2) F_{0-90} \sin \theta \cos \theta + F_z] \dots (4-8)$$

$$F_0^2 = \sum_n \sum_m f_{0n} \rho_{nm} f_{0m}$$

$$F_{90}^2 = \sum_n \sum_m f_{90n} \rho_{nm} f_{90m}$$

$$F_{0-90} = \sum_n \sum_m f_{0n} \rho_{nm} f_{90m}$$

$$F_z^2 = \sum_n \sum_m f_{zn} \rho_{nm} f_{zm}$$

$f_{0n}$  et  $f_{90n}$  sont les valeurs modales produites par 100% de l'action spectrale latérale appliquée respectivement en  $0^\circ$  et  $90^\circ$ , et  $f_{zn}$  est la réponse du spectre vertical qui peut être différent du spectre latéral.

Il est important de noter qu'avec :  $a = 1$ , la valeur de  $F$  n'est pas fonction de  $\theta$ , le choix du système d'analyse de référence devient alors arbitraire, et la valeur maximale est :

$$F_{\max} = \sqrt{F_0^2 + F_{90}^2 + F_z^2}$$

La méthode de combinaison **CQC3** avec  $a = 1$  se réduit alors à la méthode **SRSS**.

## **Chapitre 6**

# **Ferrailage Des Eléments Structuraux**

## 6.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons calculer la quantité d'acier nécessaire pour les éléments structuraux (poteaux, poutres, voiles) en tenant compte des résultats obtenus précédemment dans l'étude dynamique (ETABS) tout en respectant le RPA99.

## 6.2. Hypothèses.

Pour faciliter le calcul des quantités d'armatures longitudinales nécessaires dans les éléments structuraux, nous allons introduire les simplifications suivantes :

- Seule la variation de la quantité d'armatures longitudinales est à considérer, car pour la majorité des cas, la quantité d'armatures transversales minimales imposées par le RPA dépasse de loin la quantité nécessaire ;
- La section d'armatures dans les poteaux sera calculée pour chaque poteau, ce qui n'est pas le cas pour une étude destinée à l'exécution (où l'on adopte généralement le même ferrailage pour les poteaux du même niveau) ;
- Les poutres seront ferrillées avec la quantité maximale nécessaire sur chaque travée ;
- La section minimale à prévoir pour chaque élément est celle donnée par le règlement parasismique.

## 6.3. Combinaisons d'actions.

### 6.3.1. Principe de base.

L'action globale la plus défavorable à laquelle un bâtiment doit résister durant son existence n'est pas l'addition pure et simple de toutes les actions qui lui sont appliquées ou qui sont susceptibles de lui être appliquées. Il convient, en effet, de les combiner en tenant compte des considérations suivantes :

- Des erreurs par défaut (ou par excès si cette circonstance est défavorable) peuvent se produire dans l'application d'une action  $F$ . Il s'agit par ailleurs de passer des valeurs normales  $F_n$  au niveau caractéristique  $F_k$ . En utilisant un premier coefficient multiplicateur  $\gamma_{F1}$ .
- Il est fort peu probable que toutes les intensités maximales  $\gamma_{F1}F_k$  des actions apparaissent simultanément. Elles seront donc combinées en attribuant à chacune un coefficient de fréquence  $\gamma_{F2}$ .
- Une fois appréciée chaque action, les calculs permettront de déduire des moments de flexion, les efforts normaux et les efforts tranchants avec, ici encore, une certaine part d'erreur. Elle sera prise en compte par un nouveau coefficient de majoration  $\gamma_{F3}$ .

Chacune des actions  $F$  sera ainsi introduite dans chaque combinaison sous la forme suivante :

$$\gamma_{F1}\gamma_{F2}\gamma_{F3}F\dots(5-1)$$

La sévérité des coefficients  $\gamma_{F1}$  et  $\gamma_{F3}$  sera évidemment plus grande aux ELU qu'aux ELS, et celle du coefficient  $\gamma_{F2}$  dépendra, pour chaque combinaison, de la place attribuée à l'action (action de base ou action d'accompagnement).

**Combinaisons de calcul :**

Le calcul du ferrailage des éléments résistants doit se faire sous l'action des sollicitations déterminées par les combinaisons données par les règlements en vigueur.

**a) Etats limites ultimes :**

Le dépassement de ces états limites risque d'entraîner des désordres graves. La combinaison des états limites ultimes est donnée par :

$$1,35G+1,5Q...(5-2)$$

G : charges permanentes  
Q ; charges d'exploitation

**b) Etats limites de service :**

Ces états servent généralement pour une vérification en terme de durabilité de la structure, ces états correspondent au mode de travail de la structure dans des conditions normales. La combinaison est donnée par :

$$G+Q...(5-3)$$

**c) Etats limites accidentels :**

Les combinaisons d'actions aux états limites accidentels données par le règlement sismique en vigueur pour une structure en béton armé avec un contreventement mixte portiques/voiles :

$$G+Q+E...(5-4)$$

$$0,8G+E$$

E : action sismique donnée par la méthode statique équivalente ou par la méthode dynamique spectrale.

**6.4. Méthodes de calcul des armatures longitudinales.**

La fissuration sera considérée comme peu nuisible pour tous les éléments structuraux. Ceci nous conduit à un calcul avec les combinaisons des états limites ultimes et accidentels.

Le passage de l'ELU à l'ELS s'effectue en introduisant les coefficients de sécurité des matériaux

(béton et acier) correspondant aux états limites considérés [3] donnés par le tableau 5-1.

Matériaux	Coefficient de sécurité	ELU	ELA
-----------	-------------------------	-----	-----

Béton	$\Gamma_b$	1.50	1.15
Acier	$\Gamma_s$	1.15	1.00

**Tab. 5-1** : Coefficients de sécurité du béton et de l'acier

### Les poteaux.

Les poteaux vont être calculés en flexion composée, en ne considérant que le plus grand moment des deux moments orthogonaux agissant simultanément sur la section transversale du poteau.

La méthode de calcul est celle donnée par le BAEL91 dont l'organigramme est donné dans la figure 5-1.

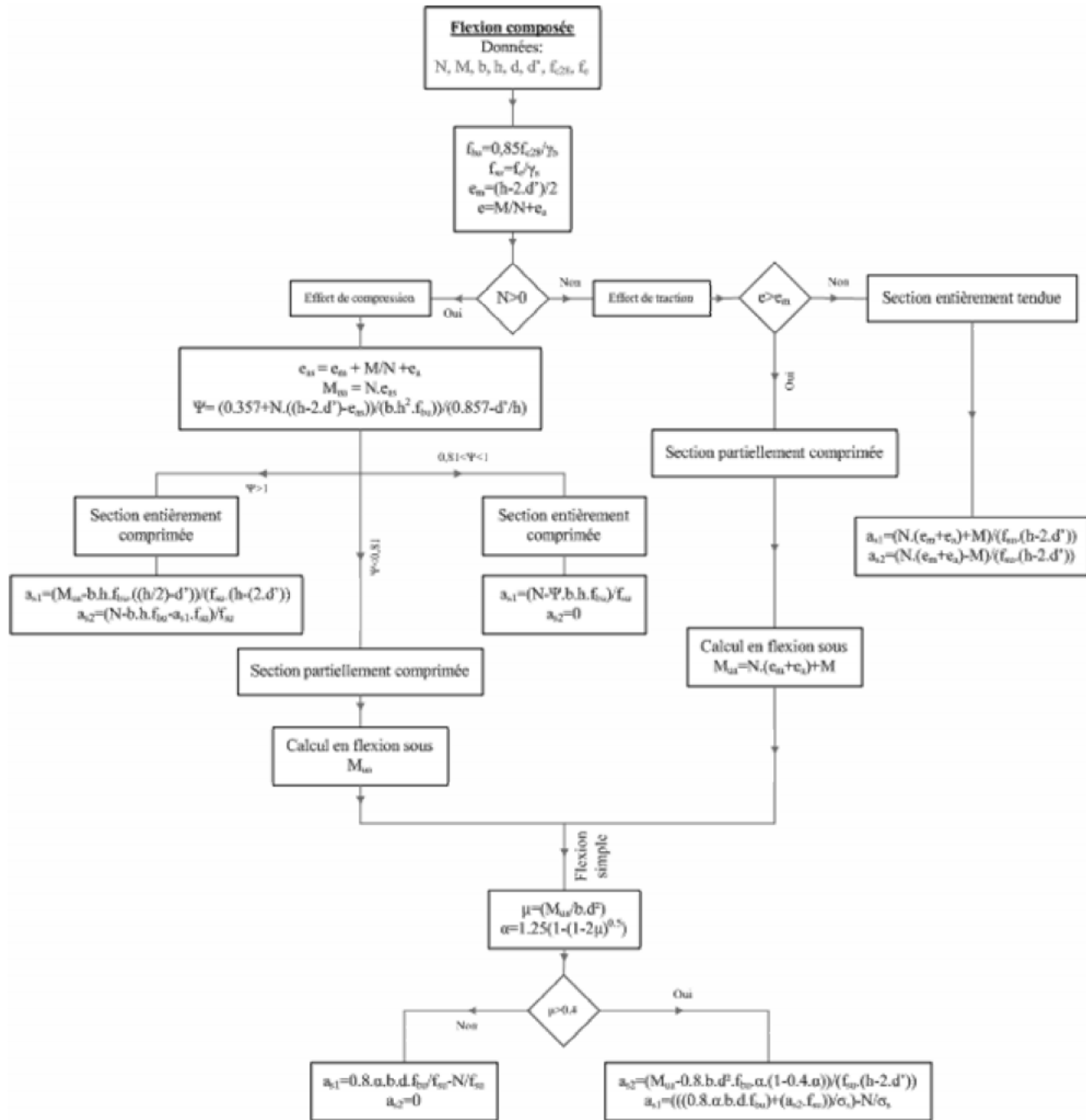


Fig. 5-1 : Organigramme pour le calcul du ferrailage des poteaux

### Les poutres.

Les poutres seront calculées en flexion simple par la méthode des pivots.

### 6.4.3. Les voiles.

Les voiles vont être calculés en flexion composée en considérant le moment agissant dans la direction de la plus grande inertie. La section d'armatures longitudinales sera



calculée pour la bande tendue, puis généralisée sur toute la longueur du voile. Les paramètres sont définis dans la figure 5-2.

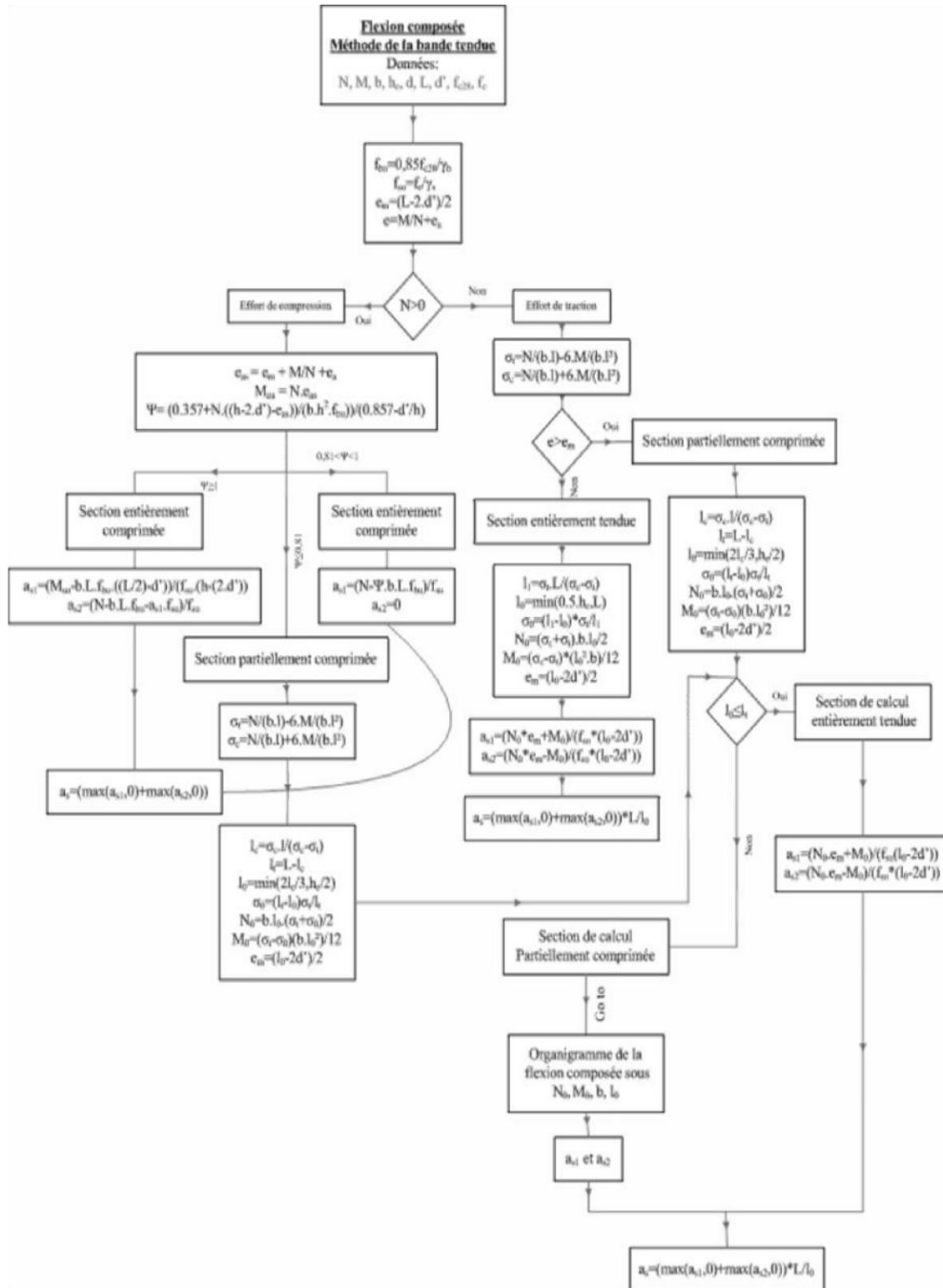
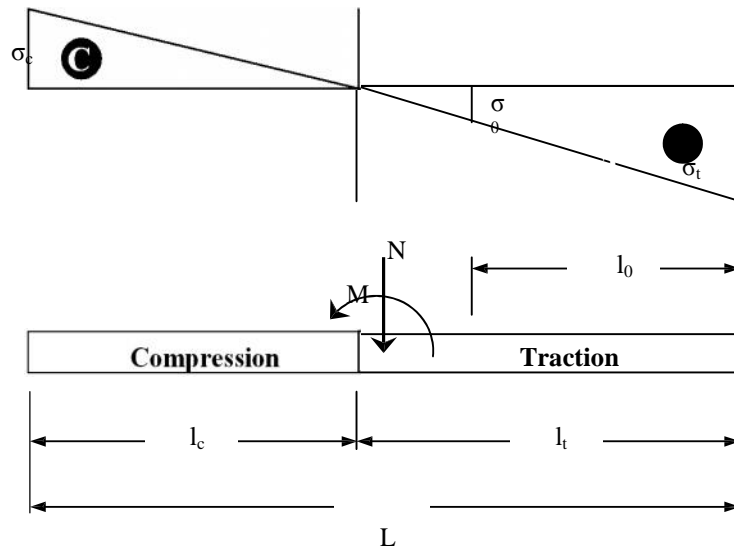


Fig. 5-2 : Organigramme pour le calcul du ferrailage des voiles



**Fig. 5-3 :** Paramètres du calcul du ferrailage des voiles

## 6.5. Dispositions constructives.

Le ferrailage des éléments structuraux doit être conforme aux dispositions constructives imposées par le code de calcul en vigueur.

### 6.5.1. Diamètres des barres.

Le diamètre minimal des barres longitudinales est de 12 mm pour les poteaux et les poutres, et 10 mm pour les voiles.

Pour les voiles, le diamètre des barres utilisées ne doit pas dépasser le dixième de l'épaisseur des voiles, ce qui nous donne un diamètre maximal de 16 mm.

### 6.5.2. Espacement des barres dans les voiles.

L'espacement maximal des armatures longitudinales dans les voiles est donné par :

$$S \leq \min (1.5 * e , 30 \text{ cm}) \dots$$

(5-5)

### 6.5.3. Section minimale et maximale.

Les pourcentages minimaux et maximaux pour chaque type d'élément sont donnés dans le tableau 5-2.

	Section minimale	Section maximale en zone courante	Section maximale en zone de recouvrement
Poteaux	0.9%	4.0%	6.0%
Poutres	0.5%	4.0%	6.0%
	0,2%		

**Tab. 5-2** : Extremums des pourcentages d'armatures des éléments structuraux

#### a) Ferrailage des poteaux :

Le pourcentage minimale sera de : 0,90 % de la section du poteau (Zone III)

$$\text{Poteau (35x35)} A_{s \min} = 0,009 \times 35 \times 35 = 11,03 \text{ cm}^2$$

$$\text{Poteau (30x30)} A_{s \min} = 0,009 \times 30 \times 30 = 8,10 \text{ cm}^2$$

Le pourcentage maximal en zone courante sera de : 4 % (Zone III)

$$\text{Poteau (35x35)} A_{s \max} = 0,04 \times 35 \times 35 = 49 \text{ cm}^2$$

$$\text{Poteau (30x30)} A_{s \max} = 0,04 \times 30 \times 30 = 36 \text{ cm}^2$$

Le pourcentage maximal en zone de recouvrement sera de : 6 % (zone III)

$$\text{Poteau (35x35)} A_{s \max} = 0,06 \times 35 \times 35 = 73,50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Poteau (30x30)} A_{s \max} = 0,06 \times 30 \times 30 = 54 \text{ cm}^2$$

#### b) Résultats des sollicitations :

ETABS a donnée les résultats suivants :

#### Poteau isolé :

Combinaison	$N_{max}$ [kN]	$M_{xmax}$ [kN. m]	$M_{ymax}$ [kN. m]	$T_{max}$ [kN]	$V_{ux}$ [kN]	$V_{uy}$ [kN]
$0,8G \pm E$	-1459,57	4,27	-23,07	0,39000	-34,78	3,86
$G + Q \pm E$	-1518,11	6,99	-22,42	0,65000	-33,48	6,28
$1,35 G + 1,5 Q$	-1376,93	-12,96	0,57	0,000032	0,54	-12,14

$G + Q$	-996,84	-9,43	0,38	0,000023	0,36	-8,84
---------	---------	-------	------	----------	------	-------

**Tab. 5-3 :** sollicitations sur un poteau isolé

On prendra pour le calcul du ferrailage, le cas de sollicitation le plus défavorable  
Les caractéristiques de la section sont :

	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_{sc}$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_s \text{ min}$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_s \text{ adopté}$ [cm <sup>2</sup> ]	Choix des barres
<b>Pot 35x35</b>	3,22	0	11,03	11,03	4HA14+4HA 16 14,20 cm <sup>2</sup>
<b>Pot 30x30</b>	1,75	0	8,10	8,10	4HA12+4HA 14 10,68 cm <sup>2</sup>

**Tab. 5-4 :** Sections d'armatures adoptées pour un poteau isolé

**Poteau 35x35 :**

**Vérification de la condition de non fragilité.**

$$A_{smin} > 0,23 bdf_{t28}/f_e = 1,33 \text{ cm}^2 \quad \text{condition vérifiée}$$

c) **Armatures transversales**

**i. Vérification des poteaux à l'effort tranchant.**

On prend l'effort tranchant maximum et on généralise les nervures d'armatures pour tous les poteaux.

$$V_{max} = 34.78 \text{ KN}$$

**ii. Vérification de la contrainte de cisaillement.**

$$\tau = V/bd = 34,78/0,35*0,315 = 0,32 \text{ MPa}$$

$$\tau_{bu} = \rho_d f_{c28}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho_d = 0.075 \text{ si } \lambda > 5 \\ \rho_d = 0.040 \text{ si } \lambda < 5 \end{array} \right.$$

$$\lambda_g = lf/i = 0,7l/b/\sqrt{12} = 0,7*3,24/0,35/\sqrt{12} = 22,45$$

$$\lambda_g = 22,45 > 5 \implies \tau_{bu} = 0,075*25 = 1,875 \text{ MPa}$$

$$\tau = \min(0.15f_{c28}, 5 \text{ Mpa}) = 3,75 \text{ Mpa}$$

$$\tau < \tau_{bu}$$

$\tau < \tau$  Conditions vérifiées

**iii. Calcul des armatures transversales :**

Selon RPA99/version 2003 les armatures transversales des poteaux sont calculées à l'aide de la formule suivante :

$$A_t/S_t = \rho_a \times V_u / h_1 \times f_e$$

$V_u$  : Effort tranchant de calcul.

$h_1$  : Hauteur totale de la section brute.

$\rho_a$  : Est un coefficient correcteur qui tient compte de mode fragile de la rupture par effort tranchant

### Calcul de l'espaceur :

- Dans la zone nodale :

$$t \leq 10 \text{ cm.} \quad \text{En zone III}$$

- Dans la zone courante :

$$t' \leq \text{Min}(b/2 ; h_1/2 ; 10 \phi_l) = \text{min}(17,5 ; 17,5 ; 12) \quad \text{En zone III}$$

Où  $\phi_l$  est le diamètre minimal des armatures longitudinales du poteau

On opte pour un espaceur de :

10 cm en zone nodale

12 cm en zone courante

- Dans la Zone courante.

$$\square a = 2,5$$

$$A_{st} = \rho_a \times V_u \times S_t / h_1 \times f_e$$

$$A_{st} = 2,5 \times 0,034 \times 0,15 / 0,35 \times 400 = 0,91 \text{ cm}^2$$

Choix des barres :  $A_{st} = 4HA8 = 2,01 \text{ cm}^2$  (2 cadres de HA8)

La quantité d'armatures transversales minimale ( $A_t/S_t \times b$ ) en % est donnée comme suit :

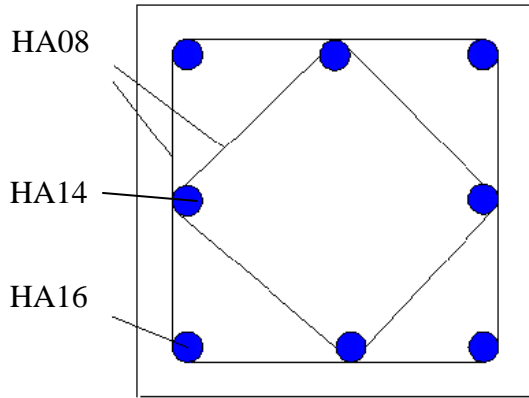
$$\lambda_g > 5 \rightarrow A_t/S_t \times b > 0,3\%$$

$$2,01/10 \times 35 = 0,0057 > 0,003, \text{ c'est vérifier}$$

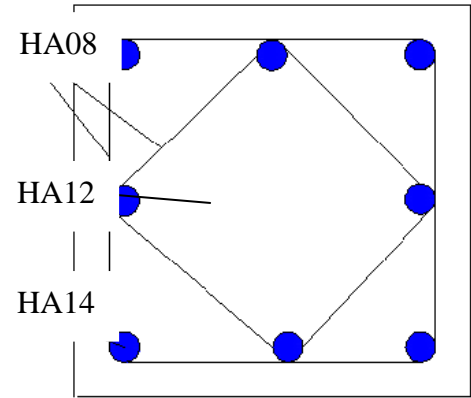
Les cadres doivent être fermées par des crochets à 135°, ayant une longueur de  $10\phi_t = 8 \text{ cm}$ .

- Dans la Zone nodale.

Les mêmes résultats que la zone courante.



Poteau 35\*35



Poteau 30\*30

**Fig. 5-4 :** chemin de ferrillages des poteaux

### *Ferrillage des poutres :*

#### **a- Prescriptions données par RPA99/version 2003 :**

Le pourcentage total minimum des aciers longitudinaux sur toute la longueur de la poutre est de  
0.5% en tout section :

Poutres principales (50x35)  $A_{\min} = 0,005 \times 35 \times 50 = 8,75 \text{ cm}^2$

Poutres secondaires (35x25)  $A_{\min} = 0,005 \times 25 \times 35 = 4,38 \text{ cm}^2$

Poutres secondaires (30x20)  $A_{\min} = 0,005 \times 20 \times 30 = 3,75 \text{ cm}^2$

En zone courante :

Poutres principales  $A_{\max} = 0,04 \times 35 \times 50 = 70 \text{ cm}^2$

Poutres secondaires  $A_{\max} = 0,04 \times 25 \times 35 = 35 \text{ cm}^2$

Poutres secondaires  $A_{\max} = 0,04 \times 20 \times 30 = 24 \text{ cm}^2$

En zone de recouvrement :

Poutres principales  $A_{\max} = 0,06 \times 35 \times 50 = 105 \text{ cm}^2$

Poutres secondaires  $A_{\max} = 0,06 \times 25 \times 35 = 52,5 \text{ cm}^2$

Poutres secondaires  $A_{\max} = 0,06 \times 20 \times 30 = 36 \text{ cm}^2$

### **Armatures longitudinales :**

- La longueur minimale de recouvrement est de  $40 \phi$  (zone II).
- Les cadres des nœuds, disposés comme armatures transversales des poteaux, sont constitués de 2 U superposés formant un carré ou un rectangle.

**Armatures transversales :**

- La quantité des armatures transversales est de :  $A_t = 0.003.S.b$  ;
- L'espace maximal entre les armatures transversales est déterminé comme suit :
- Dans la zone nodale et en travée, si les armatures comprimées sont nécessaires, le RPA exige un minimum de «  $h/4, 12\phi$  » ;
- En dehors de la zone nodale l'espace doit être de «  $s \leq h/2$  ».

**a) Sollicitations de calcul :**

Poutre	Combinaison	$M_{travée}$ [kN. m]	$M_{appui}$ [kN. m]	$N_{max}$ [kN]
50x35	1,35 G + 1,5 Q	72,54	-120,99	122,66
35x25		18,34	-38,14	-53,49
50x35	G + Q	52,71	-87,92	-89,12
35x25		13,09	-27,36	-38,28

**Tab. 5-5 : sollicitations sur les poutres principales**

**b) Vérifications nécessaires pour les poutres.**

**i. Armatures transversales**

La quantité d'armatures transversales minimales est donnée par :

$$A = 0.003 S_t b$$

Zone nodale et en travée :

$$S_t = \min (h/4, 12\phi) = \min (50/4; 12)$$

**ii. Armatures longitudinales**

$$\mu_b = M_u / bd^2 f_{bu}$$

Poutre 50x35

En zone d'appui :

$$\mu_b = 0,12 < \mu = 0,186 \quad A_s = M_u / 0,93 d f_{su} = 120,99 * 10^{-3} / 0,93 * 0,45 * 348 = 8,31 \text{ cm}^2$$

En travée :

$$\mu_b = 0,07 < \mu = 0,186 \quad A_s = M_u / 0,93 d f_{su} = 72,54 * 10^{-3} / 0,93 * 0,45 * 348 = 4,98 \text{ cm}^2$$

Poutre 35x25

En zone d'appui :

$$\mu_b = 0,11 < \mu = 0,186 \quad A_s = M_u / 0,93 d f_{su} = 120,99 * 10^{-3} / 0,93 * 0,45 * 348 = 8,31 \text{ cm}^2$$

En travée :

$$\mu_b = 0, < \mu = 0,186 \quad A_s = M_u / 0,93 d f_{su} = 72,54 * 10^{-3} / 0,93 * 0,45 * 348 = 4,98 \text{ cm}^2$$

<b>Poutre 50x35 [cm<sup>2</sup>]</b>	<b>Poutre 35x25 [cm<sup>2</sup>]</b>
--------------------------------------	--------------------------------------

	Zone d'appui	En travée	Zone d'appui	En travée
$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	8,31	4,98	3,74	1,80
$A_{sc}$ [cm <sup>2</sup> ]	0		0	
$A_s$ min [cm <sup>2</sup> ]	8,75		4,38	
$A_s$ adopté [cm <sup>2</sup> ]	8,75		4,38	
Choix des barres	5HA16		5HA12	

**Tab. 5-6 :** Sections d'armatures adoptées pour les poutres

**i- La condition de non fragilité.**

$$A_{min} > 0.23 \times b \times d \times ft28/fe$$

**Pourcentage d'acier exigé par RPA99/version 2003.**

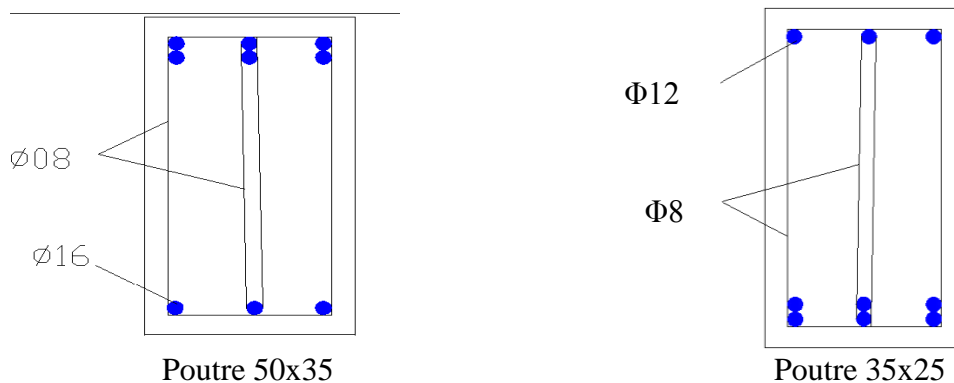
Le pourcentage total minimum des aciers longitudinaux sur toute la longueur de la poutre est de 0.5% en toute section :

$$A_{min} > 0.5\% \cdot b \cdot h$$

Section [cm <sup>2</sup> ]	Poutre 50x35	Poutre 35x25	Poutre 30x20
$A_{min}$	1,90	0,95	0,65
$A_l$ [RPA]	8,75	4,38	3,00

**Tab. 5-7 :** Sections d'armatures minimums pour les poutres

Pour la poutre 30x20 on adopte le même ferrailage que celui de la poutre 35x25



**Fig. 5-5 :** chemin de ferrailages des poutres



## **CHAPITRE : 7**

### **Etude thermique**

## **1. Introduction :**

C'est seulement à partir de 1997 que l'on a commencé à se préoccuper en Algérie des questions d'isolation thermique, Il est indispensable avant de construire un bâtiment d'étudier ses échanges thermiques avec le milieu extérieur et ceci en vue d'assurer le confort thermique à ses occupants d'où l'intérêt de faire une étude thermique détaillée.

Pour tenir compte de ces deux facteurs à la fois (caractéristiques thermiques et coût) il est impératif de faire une optimisation des remplissages pour différentes variantes de murs de remplissage.

Les méthodes de calcul présentés dans le (D.T.R.C3-2) sont suffisantes pour trouver des solutions admissibles.

## **2. Définition de l'isolation thermique:**

On peut définir l'isolation thermique d'une manière simple comme une protection de la structure contre des facteurs climatiques (variation de température, courant d'air...) qui peuvent influencer sur le confort des usagers soit en période d'été (climatisation) ou bien en hiver (chauffage)

## **3. Définition de l'isolant thermique:**

Ce sont des matériaux généralement légers avec une grande résistance à la transmission de la température. Ils jouent un rôle de séparation entre de ambiances de température différente pour empêcher les pertes de chaleur entre elles.

Plusieurs critères peuvent intervenir dans le choix d'un isolant thermique comme la résistance thermique, la masse volumique, et le coût.

## **4. Définition du confort thermique:**

Le choix des caractéristiques thermiques de la construction et de ces équipements a pour but de réaliser le confort thermique de l'occupant. Ce confort est défini par un certain nombre d'exigences que nous allons analyser dans mon étude.

Lors de l'installation d'un chauffage dans une structure il faut d'abord déterminer la puissance nécessaire pour assurer une température ambiante suffisante à l'utilisateur (car l'analyse se fait en fonction d'échange thermique entre l'intérieur et l'extérieur) et prendre en considération l'économie d'énergie.

### **I.1. OBJET DE L'ETUDE THERMIQUE:**

- Détermination des déperditions calorifiques des bâtiments;
- Vérification de la conformité des bâtiments à la réglementation thermique ;
- Dimensionnement des installations de chauffage des bâtiments; on introduit alors la notion de déperditions calorifiques de 'base' ;
- Conception thermique des bâtiments.

## **I.2. BASE DE CALCUL ET EXIGENCES :**

### **2.1. Principes généraux**

#### **2.1.1. Méthodologie :**

Sur la base du dossier technique, le concepteur doit effectuer les opérations suivantes :

- Définir les volumes thermiques ;
- Calculer pour chaque volume thermique les pertes par transmissions et les pertes par renouvellement d'air ;
- Vérifier que les déperditions par transmission du logement sont inférieures aux déperditions de références ;
- Calculer éventuellement les déperditions de base qui expriment les besoins de chauffage.

#### **2.1.2. Définitions :**

- Un volume thermique est un volume d'air supposé homogène en température, susceptible d'être chauffé par un corps de chauffe dimensionné à cet effet.
- Un local peut être divisé en plusieurs volumes thermiques.

Un local peut être considéré comme un volume unique lorsqu'il est chauffé à partir d'une seule source de chaleur. Plusieurs volumes thermiques peuvent être considérés si on dispose, par exemple, des radiateurs au niveau des pièces du logement (cas des systèmes de chauffage centralisés) ; dans ce cas, on effectue un calcul dit « pièce par pièce ».

## **I.3. EXPRESSION GENERALE DES DEPERDITIONS :**

### **3.1. Déperditions totales d'un logement :**

Les déperditions totales  $D$  pour un logement, contenant plusieurs volumes thermiques sont données par :

$$D = \sum D_i \quad [W/^\circ C]$$

Ou

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

### **3.2. Déperditions totales d'un volume**

Les déperditions totales  $D_i$  d'un volume  $i$  (figure 2.1) sont donnés par :

$D_i = (D_T)_i + (D_R)_i$  (en  $W/^\circ C$ ) ou:

- $D_T$  (en  $W/^\circ C$ ) représente les déperditions par transmission du volume  $i$ ,
- $D_R$  (en  $W/^\circ C$ ) représente les déperditions par renouvellement d'air du volume  $i$ .

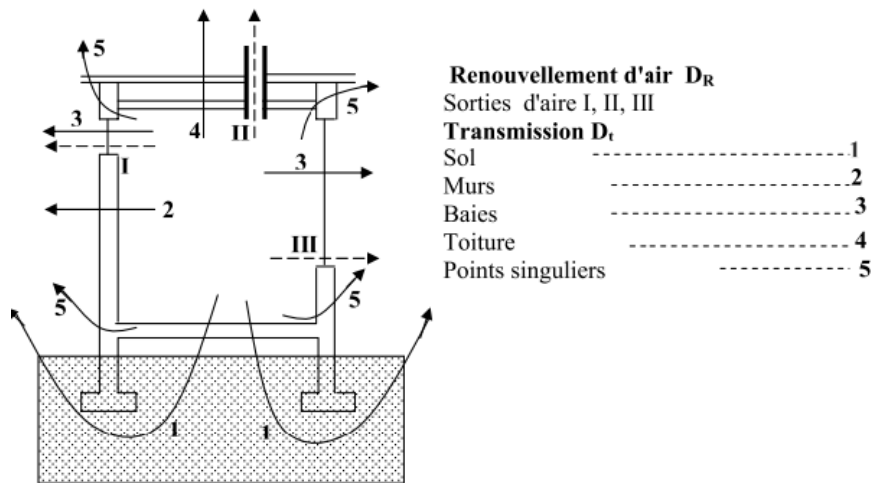


Fig. 6-1- les différents postes de déperdition

### 3.3. Déperditions par transmission d'un volume

Les déperditions par transmission  $(D_T)_i$  sont données par :

$$(D_T)_i = (D_S)_i + (D_{li})_i + (D_{sol})_i + (D_{inc})_i \text{ [W/°C]}$$

Où

- $D_s$  (en W/°C) représente les déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieure (D.T.R.C 3-2 ; cf. Chapitre3).
- $D_{li}$  (en W/°C) représente les déperditions à travers les liaisons (D.T.R.C 3-2 ; cf. Chapitre4).
- $D_{sol}$  (en W/°C) représente les déperditions à travers les parois en contact avec le sol (D.T.R.C 3-2 ; cf. Chapitre5).
- $D_{inc}$  (en W/°C) représente les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés (D.T.R.C 3-2 ; cf. Chapitre6).

### 3.4. Déperditions par renouvellement d'air d'un volume :

Les déperditions par renouvellement d'air d'un volume  $i$   $(D_R)_i$  sont donnés par :

$$(D_R)_i = (D_{RV})_i + (D_{RS})_i \text{ [W/°C] ou :}$$

- $D_{RV}$  (en W/°C) représente les déperditions due au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation (cf. chapitre 7)
- $D_{RS}$  (en W/°C) représente les déperditions supplémentaires dues au vent

### 3.5. Relation entre les déperditions du logement et les déperditions des volumes :

- Les déperditions par transmission  $D_T$  (en W/°C) du logement sont égales à la somme des déperditions par transmission des différents volumes  $i$ , soit  $D_i = \Sigma(D_T)_i$ .
- Les déperditions par renouvellement d'air  $D_R$  (en W/°C) du logement sont égales à la somme des déperditions par renouvellement d'air des différents volumes  $i$ , soit  $D_R = \Sigma(D_R)_i$

## I.4. VERIFICATION ET DEPERDITIONS DE REFERENCE

### 4.1. Vérification réglementaire.

Les déperditions par transmission  $D_T$  du logement doivent vérifier:

$$D_T \leq 1,05 * D_{réf} \quad [W/°C]$$

où :

- $D_T$  (en  $W/°C$ ) représente les déperditions par transmission du logement,
- $D_{réf}$  (en  $W/°C$ ) représente les déperditions de référence.

#### 4.2. Calcul des déperditions de référence.

Les déperditions de référence  $D_{réf}$  sont calculées par la formule suivante

$$D_{réf} = aS_1 + bS_2 + cS_3 + dS_4 + eS_5 \quad [W/°C]$$

où

- les  $S_i$  (en  $m^2$ ) représentent les surfaces des parois en contact avec l'extérieur, un comble, un vide sanitaire, un local non chauffé ou le sol. Elles concernent respectivement  $S_1$  la toiture,  $S_2$  le plancher bas, y compris les planchers bas sur locaux non chauffés,  $S_3$  les murs,  $S_4$  les portes,  $S_5$  les fenêtres et les portes-fenêtres.  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  sont comptées de l'intérieur des locaux,  $S_4$  et  $S_5$  sont comptées en prenant les dimensions du pourtour de l'ouverture dans le mur ;
- les coefficients  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  et  $e$ , (en  $W/m^2°C$ ), sont donnés dans le tableau 2.1. Ils dépendent de la nature du logement et de la zone climatique (cf annexe I).

### I.5. CALCUL DES DEPERDITIONS DE BASE.

#### 5.1. Exigence réglementaire.

Le calcul de la puissance de chauffage d'un logement doit comporter le calcul des déperditions de base selon la méthode décrite dans le DTR. Pour cela, on doit prendre en compte un écart de température entre les ambiances intérieure et extérieure, dit écart de température de base.

#### 5.2. Déperditions de base totales.

Les déperditions de base totales pour un local  $D_B$ , contenant plusieurs volumes thermiques, ont pour expression :

$$D_B = \sum (D_B)_i \quad [W]$$

où  $(D_B)_i$  (en  $W$ ) représente les déperditions de base de chaque volume thermique

#### 5.3. Déperditions de base pour un volume.

Les déperditions de base pour un volume thermique  $(D_B)_i$  ont pour expression :

$$(D_B)_i = D_i \times (t_{bi} - t_{be}) \quad [W]$$

où

- $D_i$  (en  $W/°C$ ) représente les déperditions totales du volume thermique  $i$  ;
- $t_{bi}$  (en  $°C$ ) est la température intérieure de base du volume considéré ;
- $t_{be}$  (en  $°C$ ) est la température extérieure de base du lieu d'implantation de la construction.

## 5.4. La température intérieure de base

La température intérieure de base est la température de l'air que l'on désire obtenir au centre de la pièce en absence de tout apport de chaleur autre que celui fourni par l'installation de chauffage.

Dans le cas où des locaux ne sont pas chauffés en continu, ils doivent être considérés comme des locaux non chauffés. (cf chapitre 6.1).

## 5.5. Température extérieure de base.

- a) La température extérieure de base est une température telle que les températures minimales quotidiennes ne lui sont inférieures que cinq jours par an.
- b) La température extérieure de base est fonction de l'altitude et de la zone climatique où est implanté le projet.
- c) L'annexe I donne la zone climatique à considérer pour le projet.
- d) Les valeurs de la température extérieure de base sont données en fonction de la zone climatique et de l'altitude.

## I.6. PUISSANCE DE CHAUFFAGE A INSTALLER.

### 6.1. Calcul de la puissance de chauffage.

- a) La puissance de chauffage Q nécessaire pour un logement est donnée par :

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

où

- $t_{bi}$  (en °C) représente la température intérieure de base,
- $t_{be}$  (en °C) représente la température extérieure de base,
- $D_T$  (en W/°C) représente les déperditions par transmission du logement,
- $D_R$  (en W/°C) représente les déperditions par renouvellement d'air du logement,
- $c_r$  (sans dimension) est un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel.
- $c_{in}$  (sans dimension) représente un coefficient de surpuissance.

Le coefficient  $c_{in}$  est appliqué aux seules déperditions par transmission. Il est introduit pour diminuer le temps nécessaire à l'obtention de la température désirée lors d'une mise en route ou d'une relance.

Pour un immeuble pourvu d'un chauffage commun, la puissance Q est calculée en effectuant la somme des puissances à fournir pour chaque logement.

La puissance de chauffage  $Q_i$  nécessaire pour un volume thermique s'obtient en utilisant la formule (15-a0 et en remplaçant les termes  $D_T$  par  $(D_T)_i$  et  $D_R$  par  $(D_R)_i$ .

- b) Le coefficient  $C_{in}$  prend les valeurs suivantes :

- 0,10 en cas de chauffage continu,
- 0,15 en cas de chauffage discontinu, et dans le cas d'une construction dont la classe d'inertie est "faible" ou "moyenne",
- 0,20 en cas de chauffage discontinu, et dans le cas d'une construction dont la classe d'inertie est "forte".

- c) Le coefficient  $C_r$  prend les valeurs suivantes :

- 0 pour les installations de type "chauffages individuel",

- 0,05 pour les installations de type "chauffage central" dans lesquelles toutes les tuyauteries sont calorifugées,
- 0,10 pour les installations de type "chauffage central" dans lesquelles les tuyauteries sont calorifugées seulement dans les zones non chauffées,
- 0,20 pour les installations de pipe "chauffage central" dont le réseau de tuyauteries n'est pas calorifugé.

## 6.2. Répartition de la puissance de chauffage :

Le surplus de puissance provenant des coefficients  $C_{in}$  et  $C_r$  devra être réparti au niveau des différents volumes thermiques proportionnellement aux déperditions de base  $(D_B)_i$  calculer pour chacun des volumes.

## II. CALCUL DES DEPERDITIONS THERMIQUES

### II.1. CALCUL DES TERMES INTERVENANT DANS LE CALCUL THERMIQUE:

Le calcul des déperditions et des puissances de chauffage se faisant par appartement, nous choisissons d'étudier un des appartements du dernier étage car il s'agit du cas le plus défavorable.

#### 1.1. Principe de calcul:

Pour déterminer la résistance thermique des murs et plancher et les ouvertures qui est donnée par la formule:

$$R_i = e_i / \lambda_i \quad \text{Où :}$$

-  $R_i$  (en  $m^2 \cdot ^\circ C / W$ ) représente la résistance thermique de la couche  $i$ .

-  $e_i$  : (m) l'épaisseur de la couche de matériau

$\lambda_i$  : ( $W/m \cdot ^\circ C$ ) la conductivité thermique du matériau. Les valeurs sont soit tirées des tableaux donnés en (annexe2), soit fournies par le document d'Avis Technique, ou par le fabricant.

#### 1.2. Calcul de la résistance superficielle intérieure et extérieure

Par convection et rayonnement, une paroi échange de la chaleur avec les deux milieux (intérieur, extérieur). Cet échange est pris en compte dans les calculs grâce à un coefficient d'échange dit superficiel noter ( $h$ )

Dans le cas des murs qui sont positionnés verticalement les résistances thermiques d'échange superficiels intérieure et extérieure  $r_i = 1/h_i$   $r_e = 1/h_e$  sont données le tableau 1.2.

La résistance thermique est donnée par :  $R = \sum R_i + 1/h_i + 1/h_e$  (en  $m^2 \cdot ^\circ C / W$ )

#### 1.3. Calcul de coefficient de transmission thermique K

C'est un coefficient qui donne le degré de perte de température à travers les parois en fonction de l'épaisseur et la conductivité des matériaux constituant les parois; et en fonction d'ambiants qui sont séparés par cette paroi.  $1K$

$$1/K = \sum R_i + 1/h_i + 1/h_e \text{ (en } m^2 \cdot ^\circ C / W \text{)}$$

#### 1.4. Définition des volumes thermiques :

Pour notre bâtiment on a choisi de faire les calculs pour un des logements du cinquième étage qui représente un seul volume thermique à étudier, car on considère que toutes les chambres sont chauffées à la même température.

- La hauteur d'étage  $h_e = 3,24\text{m}$ .
- le seul local non chauffé est bien la cage d'escalier.

#### 1.5. Calcul de la surface brute des murs en contact avec l'extérieur ou des L.N.C :

Plans	He[m]	Tau	Longueurs intérieurs [m]	Surface des ouvertures [m <sup>2</sup> ]	Surfaces brutes [m <sup>2</sup> ]
1	2.74	0.40	5.50	0	15,07
1	2.74	0.40	5.50	2.26	12,81
1	2.74	0.40	0.75	0	2,05
2	2.99	1	3.60	2,24	8,52
3	2.99	1	0.75	0	2,24
3	2.99	1	0.90	1,82	0,87
4	2.99	1	3.45	0,84	9,47
5	2.99	1	0.90	0	2,69
6	2.94	1	3.00	2,24	6,58
7	2.74	1	5.50	0	15,07
7	2.74	1	3.95	0	10,82
8	2.99	1	6.60	7	12,73
9	2.99	1	1.25	1,82	1,91
10	2.89	1	3.60	2,24	8,16

$$\Sigma = 109.03\text{m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Sb des murs } \quad \text{Tau}=0.4 & \implies 29.94\text{m}^2 \\ \text{Tau}=1 & \implies 79.09\text{m}^2 \end{aligned}$$

#### 1.6. Calcul des déperditions de référence : ( $D_{\text{réf}}$ )

$$D_{\text{réf}} = aS_1 + bS_2 + cS_3 + dS_4 + eS_5 \quad [\text{W}/^\circ\text{C}]$$

Zone	A	B	c	D	E
A	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50

Surfaces	Désignation	Valeurs de Calcul [m <sup>2</sup> ]
S1	Toiture	101.35
S2	Plancher bas	-
S3	Les murs	111.28
S4	Les portes	12.90
S5	Les fenêtres	7.56

$$\text{A.N: } D_{\text{réf}} = 324,19 \quad [\text{W}/^\circ\text{C}]$$



Surfaces	Désignation	Valeurs de Calcul [m <sup>2</sup> ]
S1	Toiture	-
S2	Plancher bas	101.23
S3	Les murs	111.28
S4	Les portes	12.90
S5	Les fenêtres	7.56

A.N:  $D_{réf} = 455,66$  [W/°C]

Surfaces	Désignation	Valeurs de Calcul [m <sup>2</sup> ]
S1	Toiture	-
S2	Plancher bas	-
S3	Les murs	111.28
S4	Les portes	12.90
S5	Les fenêtres	7.56

A.N:  $D_{réf} = 212,71$  [W/°C]

## II.2- PRESENTATION DES VARIANTES DES MURS:

Afin de calculer la résistance thermique des éléments de notre bâtiment nous avons, lors de notre étude considéré 3 variantes de mur

- 1) Une double cloison en brique
- 2) Brique+ (5cm) de polystyrène expansé + plaques au plâtre
- 3) Béton + (5cm) de polystyrène expansé + plaque de plâtre

### La 1<sup>er</sup> variante :

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Brique	0,10	-	0,200
Lame d'air	0,04	-	0,160
Brique	0,10	-	0,200
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$\Sigma R = 0,804$  [m<sup>2</sup>.°C/W]

$K = 1/R = 1,24$  [W/m<sup>2</sup>.°C]

### La 2<sup>e</sup> variante :

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Brique	0,10	-	0,200
Polystyrène expansé	0,05	0,046	1,087

Plaques au plâtre	0,07	0,30	0,233
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=1,707 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K= 1/R=0,59 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

### La 3<sup>e</sup> variante :

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,12	1,75	0,068
Lame d'air	0,04	-	0,160
Polystyrène expansé	0,02	0,046	0,435
Plaques au plâtre	0,05	0,30	0,167
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=1,017 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K= 1/R=0,98 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

### Les composantes des voiles en béton :

Afin d'éviter les ponts thermiques, les voiles en béton doivent avoir la même résistance thermique que les murs en maçonnerie. Les tableaux suivants donnent les épaisseurs de polystyrène nécessaires.

### La 1<sup>e</sup> variante :

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,020	1,15	0,017
Béton arme	0,170	1,75	0,097
Lame d'air	0,010	-	0,140
Polystyrène expansé	0,015	0,046	0,326
Plaques au plâtre	0,020	0,30	0,067
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,817 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K= 1/R=1,22 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

### La 2<sup>e</sup> variante :

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R [m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,020	1,15	0,017
Béton arme	0,170	1,75	0,097
Lame d'air	0,010	-	0,140
Polystyrène expansé	0,060	0,046	1,304
Plaques au plâtre	0,020	0,30	0,067
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=1,795 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K= 1/R=0,56 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**La 3<sup>e</sup> variante :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,020	1,15	0,017
Béton arme	0,170	1,75	0,097
Lame d'air	0,010	-	0,140
Polystyrène expansé	0,025	0,046	0,543
Plaques au plâtre	0,020	0,30	0,067
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=1,034 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K= 1/R=0,97 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**II.3- PRESENTATION DES VARIANTES DES PLANCHERS:**

En ce qui concerne les plancher, nous avons opte pour 3 variantes également :

1-Niveau courant

2-Niveau RDC

- Plancher dalle pleine avec isolation en polystyrène
- Plancher dalle pleine avec isolation en liège

3-Niveau terrasse :

- Plancher corps creux avec isolation en polystyrène et une couche d'étanchéité
- Plancher corps creux avec isolation en liège et une couche d'étanchéité

**A) Niveau courant :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Carrelage	0,05	1,00	0,050
Planchers hourdis	20+5	-	0,160
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=0,407 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,46 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**B) Niveau RDC :**

**La 1<sup>e</sup> variante :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Carrelage	0,05	1,00	0,050
Polystyrène	0,03	0,043	0,698

Dalle pleine	0,15	1,75	0,086
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=0,974 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 1,03 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**La 2<sup>e</sup> variante :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Carrelage	0,05	1,00	0,050
Liège	0,03	0,05	0,600
Dalle pleine	0,15	1,75	0,086
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=0,876 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 1,14 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**C) Niveau terrasse :**

**La 1<sup>e</sup> variante :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Protection en gravillon roulés	0,05	1,20	0,041
Chape en béton	0,04	1,75	0,023
Bitume	0,02	0,23	0,087
Polystyrène	0,03	0,043	0,698
Planchers hourdis	20+5	-	0,160
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=1,206 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 0,83 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**La 2<sup>e</sup> variante :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Protection en gravillon roulés	0,05	1,20	0,041
Chape en béton	0,04	1,75	0,023
Bitume	0,02	0,23	0,087
Liège	0,03	0,05	0,600
Planchers hourdis	20+5	-	0,160
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=1,108 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 0,90 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

## II.4. Calcul des déperditions par renouvellement d'air :

Expression générale :

Les déperditions par renouvellement d'air  $D_R$  d'un logement ont pour expression :

$$D_R = 0,34 \times (Q_V + Q_S) \quad [W/^\circ C]$$

où :

- 0,34 (en  $Wh/m^3 \cdot ^\circ C$ ) est la chaleur volumique de l'air;
- $Q$  (en  $m^3/h$ ) est le débit spécifique de ventilation ;
- $Q_S$  (en  $m^3/h$ ) est le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent.

Le débit spécifique de ventilation  $Q_V$  pour un logement est donné par la formule suivante :

$$Q_V = \text{Max} [0,6 \times V_h ; Q_{v\text{réf}}] \quad [m^3/h]$$

Où :

- $V_h$  (en  $m^3$ ) désigne le volume habitable ;
- $Q_{v\text{réf}}$  (en  $m^3/h$ ) désigne le débit extrait de référence.

$$V_h = 101.35m^2 \times 2.99m = 303.04m^3 \rightarrow 0.6 \times V_h = 181.82m^3$$

$$Q_V = (5 \times Q_{V\text{min}} + Q_{V\text{max}}) / 6$$

$$Q_{V\text{min}} = 100m^3/h \text{ (nombre de pièces principales égale a 4 ; tableau 7.1)}$$

$$Q_{V\text{max}} = 120 + 30 = 150 m^3/h \text{ (nombre de pièces principales égale a 4 ; tableau 7.2)}$$

$$\rightarrow Q_{v\text{réf}} = (5 \times 100 + 150) / 6 = 108.33 m^3/h$$

$$\rightarrow Q_V = \text{MAX} (181.82 ; 108.33) = 181.82 m^3/h$$

Le débit supplémentaire  $Q_S$  dû à l'effet du vent pour un logement est donné par la formule suivante :

$$Q_S = \Sigma (P_{Pi} \times e_{Vi}) \quad [m^3/h]$$

Où :

- $P_{Pi}$  (en  $m^3/h$ . sous une différence de pression  $\Delta P = 1 Pa$ ) est la perméabilité à l'air de la paroi  $i$ ;

-  $e_{vi}$  (sans dimension) est le coefficient d'exposition au vent affecté à la paroi i.

La perméabilité d'une paroi i  $P_{Pi}$  est donnée par la formule suivante :

$$P_{Pi} = \Sigma (P_{Oj} \times A_j) \quad [m^3 / h]$$

-  $P_{Oj}$  (en  $m^3 / h.m^2$  sous  $\Delta P = 1 \text{ Pa}$ ) est la perméabilité surfacique à l'air de l'ouvrant j, c'est à dire le débit d'air traversant  $1 \text{ m}^2$  de paroi sous une différence de pression  $\Delta P$  de  $1 \text{ Pa}$  ;

-  $A_j$  (en  $m^2$ ) est la surface de l'ouvrant j.

### Tableau des ouvrants vers l'extérieur ou bien les L.N.C :

#### a- R+5

Parois	$A_j$ [ $m^2$ ]	$H_i$ [m]	Tau	Classe de Rugosité	$e_{vi}$	$P_{Oj}$	$P_{Pi}$	$Q_{si}$
Porte vers L.N.C(1)	2.26	18	0.4	III	5.80	6	13.56	78,64
Portes vers l'extérieur(2)	3.64	18	1	III	5.80	4	14.56	84,44
Portes fenêtres(2)	7	18	1	III	5.80	4	28.00	162,40
Fenêtres(5)	7.56	18.1	1	III	5.80	4	30.24	175,39

$\Sigma=500.89$

$$D_R = 0,34 \times (Q_V + Q_S) = 0,34 \times (500.89 + 181.82) = 232.12 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

#### b- R+2

Parois	$A_j$ [ $m^2$ ]	$H_i$ [m]	Tau	Classe de Rugosité	$e_{vi}$	$P_{Oj}$	$P_{Pi}$	$Q_{si}$
Porte vers L.N.C(1)	2.26	8.3	0.4	III	4.19	6	13.56	56.81
Portes vers l'extérieur(2)	3.64	8.3	1	III	4.19	4	14.56	61.01
Portes fenêtres(2)	7	8.3	1	III	4.19	4	28.00	117.32
Fenêtres(5)	7.56	8.4	1	III	4.19	4	30.24	126.71

$\Sigma=361.85$

$$D_R = 0,34 \times (Q_V + Q_S) = 0,34 \times (361.85 + 181.82) = 184.85 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

#### c- RDC

Parois	$A_j$ [ $m^2$ ]	$H_i$ [m]	Tau	Classe de Rugosité	$e_{vi}$	$P_{Oj}$	$P_{Pi}$	$Q_{si}$
Porte vers L.N.C(1)	2.26	1.8	0.4	III	2.71	6	13.56	36.75
Portes vers l'extérieur(2)	3.64	1.8	1	III	2.71	4	14.56	39.56
Portes fenêtres(2)	7	1.8	1	III	2.71	4	28.00	75.88
Fenêtres(5)	7.56	1.9	1	III	2.71	4	30.24	81.95

$\Sigma=234.04$

$$D_R = 0,34 \times (Q_V + Q_S) = 0,34 \times (234.04 + 181.82) = 141.39 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

## II.5. CALCUL DES DEPERDITIONS DE BASE

Les déperditions de base pour un volume thermique ( $D_B$ ) ont pour expression :

$$D_B = D_I \times (t_{bi} - t_{be}) \quad [W/^\circ C]$$

Où :

$D_I$  (en  $W/^\circ C$ ) représente les déperditions totales du volume thermique  $i$ ,  
( $D_I = D_T + D_R$ )

$t_{bi}$  (en  $^\circ C$ ) est la température intérieure de base du volume considéré,  
Immeuble d'habitation, pièces principales et de services  $\rightarrow$  (21  $^\circ C$ ) ;

$t_{be}$  (en  $^\circ C$ ) est la température extérieure de base du lieu d'implantation de la construction,  
Zone A, altitude <300m  $\rightarrow$  (6  $^\circ C$ ).

## II.6. CALCUL DE LA PUISSANCE DE CHAUFFAGE Q

La puissance totale de chauffage installée pour un logement ne doit pas être inférieure aux déperditions de base (du même logement).

Théoriquement, il suffirait d'une puissance utile installée égale aux déperditions de base  $D$  pour être en mesure d'assurer à l'ambiance intérieure la température désirée. Dans la pratique, compte tenu de l'inertie du bâtiment (air et parois), et compte tenu des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries, la puissance fournie par une chaufferie doit être supérieure à  $D_B$ .

La puissance de chauffage  $Q$  nécessaire pour un logement est donnée par :

$$Q = (t_{bi} - t_{be}) \quad [ [ 1 + \max (C_r ; C_{in}) \times D_T ] + [ ( 1 + C_r ) \times D_R ] ]$$

Où :

- $t_{bi}$  (en  $^\circ C$ ) est la température intérieure de base du volume considéré,  
Immeuble d'habitation, pièces principales et de services  $\rightarrow$  (21  $^\circ C$ ) ;
- $t_{be}$  (en  $^\circ C$ ) est la température extérieure de base du lieu d'implantation de la construction,  
Zone A, altitude <300m  $\rightarrow$  (6  $^\circ C$ ) ;
- $C_r$  (sans dimension) est un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel, chauffage central, toutes les tuyauteries sont calorifuges  $\rightarrow$  (0.05);
- $C_{in}$  (sans dimension) représente un coefficient de surpuissance,  
Chauffage discontinu, inertie forte  $\rightarrow$  (0.20) ;
- $D_T$  (en  $W/^\circ C$ ) représente les déperditions par transmission du logement,
- $D_R$  (en  $W/^\circ C$ ) représente les déperditions par renouvellement d'air du logement,

Ce qui fait :

$$Q = f(D_T, D_R)$$

$$\underline{A.N.}: Q = [21 - 6] \times [ [ [1 + \max(0.05; 0.20) \times D_T] + [ (1 + 0.05) \times D_R] ] ]$$

$$Q = 15[1.20 D_T + 1.05 D_R]$$

## II.7. Calcul des déperditions par transmission :

### A) Niveau courant :

#### Variante (1,1) : poteau 35

#### 1- Calcul de la conductance K :

##### a) Partie courante du mur de façade : (1)

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m².°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Brique	0,10	-	0,200
Lame d'air	0,04	-	0,160
Brique	0,10	-	0,200
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R = 0,804 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K = 1/R = 1,24 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

##### b) Au niveau des retombées de poutres, ou au niveau des poteaux du mur de façade :

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m².°C/W]
Mortier	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,35	1,75	0,200
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R = 0,444 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K = 1/R = 2,25 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

##### c) Au niveau des retombées de poutre, ou au niveau des poteaux du mur de séparation :

$$R = [(0,444 - 0,17) + 0,22] = 0,494 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K = 1/R = 2,02 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

##### d) Partie courante du mur de séparation :

$$R = [(0,804 - 0,17) + 0,22] = 0,854 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K = 1/R = 1,17 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

### d) Plancher :



Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Carrelage	0,05	1,00	0,050
Planchers hourdis	20+5	-	0,160
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=0,407 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,46 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

## 2- Calcul des déperditions :

### 2.1-Déperditions à travers les parois en contact avec l'extérieur (surfaiques) : $D_s$

#### Vitrage simple :

##### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,22	16,78
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \Sigma K_i \cdot A_i = 169,44 \text{ [W/°C]}$$

##### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,46	18,60
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \Sigma K_i \cdot A_i = 171,26 \text{ [W/°C]}$$

#### Vitrage double : (lame d'air : 5 a 7 mm)

##### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	1,82	13,76
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \Sigma K_i \cdot A_i = 166,42 \text{ [W/°C]}$$

##### b) Menuiserie en metal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance :	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
--------	------------------------------------	------------------	------------------------

		$K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,06	15,57
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 168,23 \text{ [W/°C]}$$

## 2.2-Déperditions à travers les liaisons : $D_{li}$

Parois	Longueurs : $L_i$ [m]	La conductance : $K_{li}$ [W/m.°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Menuiserie en bois	32,8	0,134	4,40
Angle forme par un poteau x(8)	23,92	0,126	3,01
Angle forme par deux murs identiques (imbriqués) x (12)	35,88	0,069	2,48
Angle (Mur-Plancher)	32,9	0,268	8,82
	32,9	0,268	8,82

$$D_{li} = \sum K_{li} \cdot L_i = 27,53 \text{ [W/°C]}$$

## 2.3- Déperdition à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés : $D_{inc}$

Parois	Tau	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$L_i$ [m]	$K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_{li}$ [W/m.°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Mur de séparation	0,4	29,94	-	1,17	-	35,03	-
Poteaux	0,4	2,09	-	2,02	-	4,22	-
Portes	0,4	2,26	-	2,0	-	4,52	-
Retombées	0,4	0,14	-	2,02	-	0,28	-
Menuiserie de la porte	0,4	-	5,38	-	0,134	-	0,72
Angle (Mur-Plancher)	0,4	-	11,60	-	0,268	-	3,11
	0,4	-	11,60	-	0,268	-	3,11

$$D_{inc} = \text{Tau} \cdot \sum K_i \cdot A_i + \text{Tau} \cdot \sum K_{li} \cdot L_i = 20,80 \text{ [W/°C]}$$

La somme des déperditions ( $\sum D_T$ )	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	217,77	214,75
Menuiserie en métal	219,59	216,56

$$D_{réf} = 212,71 \text{ [W/°C]}$$

### Vérification réglementaire:

Selon le D.T.R C3.2, la vérification se fait comme suit :

$$D_T \leq 1,05 * D_{réf} = 223,35 \text{ [W/°C]}$$

### Puissance de chauffage:

$$D_R = 184.85 [W/^\circ C]$$

$Q = 15[1.20 D_T + 1.05 D_R] [W]$	<b>Vitrage simple</b>	<b>Vitrage double</b>
<b>Menuiserie en bois</b>	6831,25	6776,89
<b>Menuiserie en métal</b>	6864,01	6809,47

**Remarque :**

Le calcul des déperditions et de la puissance de chauffage pour les autres variantes se trouve en annexe A.

### Conclusion :

En terme de qualité de déperdition ; les résultats démontrent une nette supériorité du double vitrage avec menuiserie en bois ; ces résultats seront retenues et résumés dans le tableau récapitulatif suivant :

Variantes	niveau courant Poteaux 35x35 et 30x30		niveau RDC		niveau terrasse	
	Mur	Plancher	Mur	Plancher	Mur	Plancher
(1,1)	Mur en double brique	Pas d'isolant thermique	Mur en double brique	polystyrène	Mur en double brique	Polystyrène
	$\Sigma D_T = 214,75 \text{ W/}^\circ\text{C}$ $Q = 6776,89 \text{ W}$		$\Sigma D_T = 382,41 \text{ W/}^\circ\text{C}$ $Q = 9110,27 \text{ W}$		$\Sigma D_T = 304,06 \text{ W/}^\circ\text{C}$ $Q = 9128,97 \text{ W}$	
(2,1)	Mur brique simple	Pas d'isolant thermique	Mur brique simple	polystyrène	Mur brique simple	Polystyrène
	$\Sigma D_T = 142,11 \text{ W/}^\circ\text{C}$ $Q = 5469,37 \text{ W}$		$\Sigma D_T = 312,98 \text{ W/}^\circ\text{C}$ $Q = 7860,53 \text{ W}$		$\Sigma D_T = 229,76 \text{ W/}^\circ\text{C}$ $Q = 7791,57 \text{ W}$	
(3,1)	Mur en béton	Pas d'isolant thermique	Mur en béton	polystyrène	Mur en béton	Polystyrène
	$\Sigma D_T = 185,40 \text{ W/}^\circ\text{C}$ $Q = 6248,59 \text{ W}$		$\Sigma D_T = 354,50 \text{ W/}^\circ\text{C}$ $Q = 8607,89 \text{ W}$		$\Sigma D_T = 265,46 \text{ W/}^\circ\text{C}$ $Q = 8434,17 \text{ W}$	
(1,2)	N/A		Mur en double brique	Liège	Mur en double brique	Liège
			$\Sigma D_T = 391,55 \text{ W/}^\circ\text{C}$ $Q = 9274,79 \text{ W}$		$\Sigma D_T = 265,46 \text{ W/}^\circ\text{C}$ $Q = 8434,17 \text{ W}$	
(2,2)	N/A		Mur brique simple	Liège	Mur brique simple	Liège
			$\Sigma D_T = 322,11 \text{ W/}^\circ\text{C}$ $Q = 8024,87 \text{ W}$		$\Sigma D_T = 236,86 \text{ W/}^\circ\text{C}$ $Q = 7919,37 \text{ W}$	
(3,2)	N/A		Mur en béton	Liège	Mur en béton	Liège
			$\Sigma D_T = 363,63 \text{ W/}^\circ\text{C}$ $Q = 8772,23 \text{ W}$		$\Sigma D_T = 281,97 \text{ W/}^\circ\text{C}$ $Q = 8731,35 \text{ W}$	

La variante (2,1) avec une puissance de chauffage de :

$Q = 5469,37$  W pour le niveau courant

$Q = 7860,53$  W pour Le niveau RDC

$Q = 7791,57$  W pour la terrasse

Donne la meilleure isolation thermique et dons la plus grande économie de chauffage par rapport aux autres variantes.

## **CHAPITRE : 8**

# **Evaluation Economique**

## Introduction :

Dans un souci d'économie, le bâtiment basse consommation ne doit pas engendrer un surcoût de construction important par rapport à un bâtiment classique tout en réduisant au maximum l'énergie grise liée au projet, pour cela, nous nous proposons de faire une étude technico-économique pour comparer les différentes variantes d'isolations étudiés précédemment.

## Les isolants au Maghreb :

Pour commencer, voici un tableau récapitulatif des différents isolants qu'on peut trouver dans la région du Maghreb établi par la REME :

	Aspect	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	Conductivité thermique $\lambda$ (W/m <sup>2</sup> K)	Résistance à la vapeur d'eau $\mu$	Comportement au feu	Résistance à la compression (Kg / cm <sup>2</sup> )
Laine de roche		20 à 150	0,034 et 0,040	0,8 à 2,2	Incombustible à non inflammable	0,7 à 1,3
Laine de verre		13 à 60	0,034 et 0,045	Rouleaux : 1 à 2 Panneaux rigide : 3 à 4	Peu combustible à non inflammable	0,2
Polyuréthanes		28 à 50	0,022 à 0,028	100	Combustible Moyennement inflammable	1,6 à 3,5
Liège		80 à 140	0,032 à 0,045	10 à 13	Difficilement inflammable	0,2
Polystyrène		(PSE) 15 à 65 (XPS) 20 à 30	(PSE) 0,03 - 0,04 (XPS) 0,028	20 à 225	Moyennement inflammable	(PSE) 0,7 à 3,5 (XPS) 3 à 7
Béton de Polystyrène		500 à 1200	0,8 à 2,2	6 à 8	Non inflammable	5 à 8
Perlite Expansée		90 à 170	0,045 à 0,050	5 à 10	Incombustible	3,5
Béton de perlite		450 à 600	0,15 à 0,31	4 à 6	Incombustible	11
Béton cellulaire		350 à 550	0,110 à 0,180	6 à 10	Incombustible et Non inflammable	11
Thermo-pierre		350 à 550	de 0,09 à 0,1	10	Incombustible et Non inflammable	3 à 4,5

Tab. 7-1 : Comparatif des isolants établi par la REME

En complément de ce tableau, les principaux avantages et inconvénient de ces isolants :

<b>Isolants</b>	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<b>Laine de roche</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Bon comportement thermique</li> <li>&gt; Bonne isolation acoustique</li> <li>&gt; Matériau incombustible et résistant au feu</li> <li>&gt; Bonne résistance à la compression (panneaux)</li> <li>&gt; Résistante au vieillissement et à la détérioration (longévité)</li> <li>&gt; Résistante aux micro-organismes et aux insectes</li> <li>&gt; Résistante aux substances chimiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Dégradation des performances thermiques en présence d'humidité à cause des défauts de mise en œuvre souvent négligés</li> <li>&gt; Tassement important à long terme en double cloisons à cause des défauts de mise en œuvre (fixations)</li> <li>&gt; Energie grise (150 kWh/ m3)</li> </ul>
<b>Laine de verre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Bon comportement thermique</li> <li>&gt; Bonne isolation acoustique</li> <li>&gt; Matériau peu combustible et résistant au feu</li> <li>&gt; Bonne résistance à la compression (panneaux)</li> <li>&gt; Résistante au vieillissement et à la détérioration (longévité)</li> <li>&gt; Résistante aux substances chimiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Dégradation des performances thermiques en présence d'humidité à cause des défauts de mise en œuvre souvent négligés</li> <li>&gt; Tassement important à long terme en double cloisons à cause des défauts de mise en œuvre (fixations)</li> <li>&gt; Energie grise (150 à 250 kWh/ m3)</li> </ul>
<b>Polyuréthanes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Bon comportement thermique</li> <li>&gt; Bonne capacité d'isolation thermique</li> <li>&gt; Bonne résistance mécanique</li> <li>&gt; Bonne résistance à l'humidité</li> <li>&gt; Application rapide (mousse), même dans les endroits difficiles d'accès ou sur les surfaces irrégulières</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Nécessite un matériel de protection lors de la mise en œuvre</li> <li>&gt; Résiste mal à la chaleur et au feu et au rayonnement ultra violet.</li> </ul>
<b>Liège</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Bonne inertie thermique</li> <li>&gt; Bonne résistance mécanique en compression</li> <li>&gt; Très bon isolant en dalle et plancher</li> <li>&gt; Peu d'énergie consommée à la fabrication</li> <li>&gt; Insensible aux rongeurs et aux insectes</li> <li>&gt; Pas de dégagements toxiques</li> <li>&gt; Pas de variation à l'humidité et à la chaleur</li> <li>&gt; Matériau renouvelable, naturel, et recyclable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Mise en œuvre entre chevrons à éviter (pont thermique difficile à traiter)</li> <li>&gt; Ressource renouvelable mais d'assez faible disponibilité</li> <li>&gt; Prix relativement élevés</li> </ul>
<b>Polystyrène</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Excellentes propriétés mécaniques</li> <li>&gt; Sa facilité de mise en œuvre</li> <li>&gt; Bonne performance thermique</li> <li>&gt; Coût faible de ce matériau (PSE)</li> <li>&gt; Bonne performance thermique</li> <li>&gt; Bonne stabilité dimensionnelle (XPS)</li> <li>&gt; Imputrescible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Mauvaise stabilité dimensionnelle (PSE) à long terme</li> <li>&gt; Énergie grise importante (énergie nécessaire pour la production du matériau)</li> <li>&gt; Dégradation des caractéristiques en cas de longue exposition aux U.V (PSE)</li> <li>&gt; Ressource non renouvelable</li> <li>&gt; Non recyclable</li> </ul>



<b>Béton de polystyrène</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Légèreté par rapport au béton ordinaire</li> <li>&gt; Résistant au feu</li> <li>&gt; Imputrescible et inodore</li> <li>&gt; Pour Rénovation rapide et non destructive</li> <li>&gt; Bonne inertie thermique</li> <li>&gt; Incombustible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Non approprié pour être employé en tant que béton structurel</li> <li>&gt; Conductivité thermique par rapport à celle d'un isolant conventionnel.</li> </ul>
<b>Perlite expansée</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Bonne résistance thermique</li> <li>&gt; Bonne résistance mécanique à la compression</li> <li>&gt; Bonne inertie thermique</li> <li>&gt; Bonne stabilité dimensionnelle</li> <li>Perlite en vrac</li> <li>&gt; Facilité de mise en œuvre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Pour l'utilisation en vrac : A mesure que les granulés absorbent l'humidité, ils se sédimentent et peuvent perdre leur pouvoir isolant.</li> </ul>
<b>Béton de perlite</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Légèreté par rapport au béton ordinaire</li> <li>&gt; Résistant au feu</li> <li>&gt; Imputrescible et inodore</li> <li>&gt; Pour Rénovation rapide et non destructive</li> <li>&gt; Bonne inertie thermique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Non approprié pour être employé en tant que béton structurel</li> <li>&gt; Conductivité thermique par rapport à celle d'un isolant conventionnel</li> </ul>
<b>Béton cellulaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Légèreté par rapport au béton ordinaire</li> <li>&gt; Résistant au feu</li> <li>&gt; Imputrescible et inodore</li> <li>&gt; Pour Rénovation rapide et non destructive</li> <li>&gt; Bonne inertie thermique</li> <li>&gt; Incombustible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Non approprié pour être employé en tant que béton structurel</li> <li>&gt; Conductivité thermique par rapport à celle d'un isolant conventionnel</li> </ul>
<b>Thermo-pierre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Produit massif, et peut être porteur .</li> <li>&gt; Isolation thermique répartie</li> <li>&gt; Bonne inertie thermique.</li> <li>&gt; Isolant phonique naturel.</li> <li>&gt; Perméable à la vapeur d'eau</li> <li>&gt; Très bon régulateur hygrothermique (sans enduits imperméables)</li> <li>&gt; incombustible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Ciment-colle spécifique</li> <li>&gt; Légèrement friable</li> <li>&gt; Poussière dégagée en cas de sciage sans utilisation d'outillage de coupe spécifique</li> </ul>

**Tab. 7-2 :** Avantages et inconvénients des isolants

Et pour terminer, les prix pratiqués en 2010 de ces isolants (tous ne sont pas disponibles en Algérie)

<b>Isolants</b>	<b>Prix de vente HT (DA/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Mise en œuvre HT (DA/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Laine de roche</b>	1000 à 2000	200 à 400
<b>Laine e verre</b>	1000 à 2000	200 à 400
<b>Polyuréthanes</b>	1700 à 3500	350 à 500
<b>Liège</b>	400 à 500	80 à 100
<b>Polystyrène</b>	200 à 400	40 à 80

**Tab. 7-3 :** Prix des isolants en Algérie

Le but de notre étude est de choisir le ou les isolants répondants aux besoins techniques et budgétaires, et de calculer leurs impacts sur une construction ( bâtiment à usage d'habitation dans notre cas ), étant donné l'offre réduite sur le marché national, notre choix s'est porté sur le polystyrène pour les murs donnant vers des LNC, ainsi que le liège et le polystyrène pour les planchers terrasse et RDC.

## **1 – Polystyrène**

### **Expansé (PSE) et Extrudé (XPS)**

Le polystyrène est un matériau qui présente de hautes performances en matière d'isolation et de nombreux avantages aussi bien pour les utilisateurs que pour les professionnels de la construction.

**Le polystyrène expansé (PSE)** est fabriqué au moyen d'hydrocarbure (Styrène) expansé à la vapeur d'eau et au pentane, présente donc une structure à pores ouverts.

**Le polystyrène extrudé (XPS)** est soumis à un agent gonflant sous pression qui lui confère une structure à pores fermés.

#### **Présentation du produit :**

- Expansé et extrudé en plaque
- En vrac pour béton allégé
- Panneaux composites
- Éléments préfabriqués

#### **Domaines d'application :**

- Bâtiments tertiaires, résidentiels logement individuel ou collectif.
- Le polystyrène expansé (EPS) à faible ou à moyenne densité pour l'isolation des parois verticales.
- Le polystyrène extrudé (XPS) est recommandé pour l'isolation des toitures inversées.

## **2-liège**

Le liège est un matériau présent dans l'écorce de quelques arbres, et notamment celle du chêne-liège.

Le liège est un produit de faible densité, antistatique, résiste relativement bien au feu, bon isolant thermique, acoustique et vibratoire, et résistant à l'eau grâce à la subérine qui imprègne les cellules. Il est souple et se décompose lentement.

Concassé en granulés, on le transforme en panneaux d'isolation, revêtement mural ou pour le sol.

#### **Présentation du produit :**

- En vrac
- En granulés pour béton allégé
- En panneaux de liège aggloméré expansé
- En panneaux de liège aggloméré non expansé

#### **Domaines d'application :**

Bâtiments tertiaires, résidentiels logement individuel ou collectif pour les toitures et les murs. Il peut être applicable dans les zones à risque d'humidité comme les terrasses et les caves.

En vrac ou en panneaux, il est utilisé pour l'isolation des double cloisons par remplissage, ou par insufflation.

### Autres alternatives :

Les granulés sont utilisables en vrac, pour confectionner des bétons allégés pour l'isolation en toiture terrasses et remplissage en double-cloisons par du béton de liège.

Avec des granulés non expansés, on peut réaliser un mortier dont la conductivité thermique sera de 0,10 W/m. °K.

Pour l'étude comparative, elle se fera ainsi :

- Plancher avec et sans polystyrène (étant donné que le liège a les même caractéristique que le polystyrène mais coute 40% plus cher).
- Les variantes des murs donnant vers des LNC sont : double murs, brique+ polystyrène et béton + polystyrène.
- Menuiserie en bois double et simple vitrage (la menuiserie en métal étant moins performante et plus chère que celle en bois).
- Pour les surfaces, étant donné que tous les appartements n'ont pas de plancher isoler, nous allons calculer le cout de toutes les surfaces du bâtiment, après, nous aurons la valeur moyenne par appartements.
- Pour les planchers, nous calculerons que le cout des isolants (l'élément structurale étant le même pour toutes les variantes)

### Calcul des montants des variantes

#### Variantes du mur double brique

- Avec isolant

Désignation	Elément constructif	Epaisseur e[m]	Surface A [m <sup>2</sup> ]	P.U/ m <sup>2</sup> [DA]	Montant [DA]
Murs	Mortier batard	0.02	1308.36	700	915600
	Brique X2	0.10		2000	2616000
	Enduit de plâtre	0.02		800	1046400
Plancher terrasse	Etanchéité multicouches		292.2	2500	730500
	Chape en béton	0.04		1100	321200
	Polystyrène	0.03		360	105120
	Enduit plâtre	0.02		800	233600
Plancher RDC	Carrelage	0.05	292.2	1200	350400
	Polystyrène	0.03		360	105120
	Dalle pleine	0.15		4000	1168000

Σ=7951940

**Tab. 7-4** : Prix de le a maçonnerie variante (a)

- Sans isolant

Désignation	Elément constructif	Epaisseur e[m]	Surface A [m <sup>2</sup> ]	P.U/ m <sup>2</sup> [DA]	Montant [DA]
Murs	Mortier batard	0.02	1308.36	700	915600
	Brique X2	0.10		2000	2616000
	Enduit de plâtre	0.02		800	1046400
Plancher terrasse	Etanchéité multicouches		292.2	2500	730500
	Chape en béton	0.04		1100	321200
	Enduit plâtre	0.02		800	233600
Plancher RDC	Carrelage	0.05	292.2	1200	350400
	Dalle pleine	0.15		4000	1168000

Σ=7381700

**Tab. 7-5** : Prix de le a maçonnerie variante (b)

**Variantes du mur brique+polystyrène :**

- Avec isolant

Désignation	Elément constructif	Epaisseur e[m]	Surface A [m <sup>2</sup> ]	P.U/ m <sup>2</sup> [DA]	Montant [DA]
Murs	Mortier batard	0.02	1308.36	700	915600
	Brique	0.10		1000	1308000
	Polystyrène	0.05		360	470880
	Enduit de plâtre	0.02		800	1046400
Plancher terrasse	Etanchéité multicouches		292.2	2500	730500
	Chape en béton	0.04		1100	321200
	Polystyrène	0.03		360	105120
	Enduit plâtre	0.02		800	233600
Plancher RDC	Carrelage	0.05	292.2	1200	350400
	Polystyrène	0.03		360	105120
	Dalle pleine	0.15		4000	1168000

Σ=6754820

**Tab. 7-5** : Prix de le a maçonnerie variante (c)

- **Sans isolant**

Désignation	Elément constructif	Epaisseur e[m]	Surface A [m <sup>2</sup> ]	P.U/ m <sup>2</sup> [DA]	Montant [DA]
Murs	Mortier batard	0.02	1308.36	700	915600
	Brique	0.10		1000	1308000
	Enduit de plâtre	0.02		800	1046400
Plancher terrasse	Etanchéité multicouches		292.2	2500	730500
	Chape en béton	0.04		1100	321200
	Enduit plâtre	0.02		800	233600
Plancher RDC	Carrelage	0.05	292.2	1200	350400
	Dalle pleine	0.15		4000	1168000

Σ=6073700

**Tab. 7-5** : Prix de le a maçonnerie variante (d)

**Variantes du mur béton+polystyrène :**

- **Avec isolant**

Désignation	Elément constructif	Epaisseur e[m]	Surface A [m <sup>2</sup> ]	P.U/ m <sup>2</sup> [DA]	Montant [DA]
Murs	Mortier batard	0.02	1308.36	700	915600
	Béton	0.12		3000	3924000
	Polystyrène	0.02		360	470880
	Plaques au plâtre	0.05		1200	1569600
Plancher terrasse	Etanchéité multicouches		292.2	2500	730500
	Chape en béton	0.04		1100	321200
	Polystyrène	0.03		360	105120
	Enduit plâtre	0.02		800	233600
Plancher RDC	Carrelage	0.05	292.2	1200	350400
	Polystyrène	0.03		360	105120
	Dalle pleine	0.15		4000	1168000

Σ=9894020

**Tab. 7-5** : Prix de le a maçonnerie variante (e)

- Sans isolant

Désignation	Elément constructif	Epaisseur e[m]	Surface A [m <sup>2</sup> ]	P.U/ m <sup>2</sup> [DA]	Montant [DA]
Murs	Mortier batard	0.02	1308.36	700	915600
	Béton	0.12		3000	3924000
	Plaques au plâtre	0.05		1200	1569600
Plancher terrasse	Etanchéité multicouches		292.2	2500	730500
	Chape en béton	0.04		1100	321200
	Enduit plâtre	0.02		800	233600
Plancher RDC	Carrelage	0.05	292.2	1200	350400
	Dalle pleine	0.15		4000	1168000

Σ=9212900

**Tab. 7-5 :** Prix de le a maçonnerie variante (f)

#### Couts des fenêtres

Désignation	Nombre	P.U [DA]	Montant [DA]
Simple vitrage	48	19.000	912.000
Double vitrage	48	22.000	1056.000

**Tab. 7-10 :** Prix des fenêtres

#### Couts des portes fenêtres

Désignation	Nombre	P.U [DA]	Montant [DA]
Simple vitrage	24	30.000	720.000
Double vitrage	24	35.000	840.000

**Tab. 7-11 :** Prix des portes fenêtres

#### Conclusion:

##### Comparatif des variantes (brique+polystyrène) et (brique) :

- Sans isolant → puissance de chauffage= 47463.67 W → prix : 6754820 DA
- Avec isolant → puissance de chauffage= 37529.58 W → prix : 6073700 DA

Cette étude économique a montré l'efficacité du polystyrène en matière d'isolation, car pour la variante mur + brique, qui est la plus performante et la moins chère, l'utilisation du polystyrène a engendré un surcout de 10% pour une réduction de puissance de chauffage de 21%. Et qu'avant d'investir dans des système couteux, il faut penser a bien isoler sa maison.

## Conclusion Générale:

A travers cette étude, nous avons pu prendre connaissance des différentes étapes nécessaires à la réalisation d'un projet de construction que ce soit dans l'étude de la structure ou bien celle de la thermique du bâtiment, et aux différentes difficultés auxquelles il faut faire face pour mener à bien ce projet, et que parfois, quelques dispositions simples et bien pensées peuvent améliorer la consommation ainsi que le confort du bâtiment tout en restant respectueux envers l'environnement, c'est ce qu'on appelle « la construction durable ».

Pour ce qui est de l'étude structurale, la régularité du bâtiment ainsi que sa symétrie dans les deux sens a facilité le choix de l'emplacement des voiles, ce qui a permis d'obtenir de bons résultats durant l'étude dynamique.

Concernant l'étude thermique, la comparaison des différentes variantes d'isolations a permis de mettre l'accent sur les matériaux qui ont une bonne résistance thermique, notamment le polystyrène qui est onéreux, facile à mettre en œuvre, et très efficace en matière d'isolation, cette étude a aussi démontré la mauvaise performance énergétique du béton, mais elle ne prend pas en compte l'inertie thermique qui se trouve être une des qualités de certains types de bétons.

L'intérêt de ces isolants s'est accentué après l'étude économique de l'utilisation de ces derniers, qui montre que le surcoût à la réalisation est justifiable comparé aux économies réalisées durant la durée de vie de l'édifice.

Ce travail pourra se poursuivre dans un avenir très proche dans le domaine de la construction durable en tenant compte des différents types d'apports énergétiques du bâtiment ainsi que l'origine de ces énergies, tout en réduisant les déperditions, et en complément à ces solutions techniques, une meilleure sensibilisation des utilisateurs est nécessaire, car après tout, l'énergie la moins chère est celle qu'on ne consomme pas.



**Annexe : A**

**Calcul des Variantes**

**Variante (1,1) : poteau 30****1- Calcul de la conductance K :****a)Partie courante du mur de façade : (1)**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,102	1,15	0,017
Brique	0,10	-	0,200
Lame d'air	0,04	-	0,160
Brique	0,10	-	0,200
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,804 \text{ [m}^2\cdot\text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 1,24 \text{ [W/m}^2\cdot\text{°C]}$$

**b)Au niveau des retombées de poutres, ou au niveau des poteaux du mur de façade :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,30	1,75	0,171
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,415 \text{ [m}^2\cdot\text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,41 \text{ [W/m}^2\cdot\text{°C]}$$

**c)Au niveau des retombées de poutre, ou au niveau des poteaux du mur de séparation :**

$$R=[(0,415 - 0,17)+0,22]=0,465 \text{ [m}^2\cdot\text{°C/W]}$$

$$K=1/R=2,15 \text{ [W/m}^2\cdot\text{°C]}$$

**d) Partie courante du mur de séparation :**

$$R=[(0,804 - 0,17)+0,22]=0,854 \text{ [m}^2\cdot\text{°C/W]}$$

$$K=1/R=1,17 \text{ [W/m}^2\cdot\text{°C]}$$

**e)Plancher :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Carrelage	0,05	1,00	0,050
Planchers hourdis	20+5	-	0,160
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=0,407 \text{ [m}^2\cdot\text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,46 \text{ [W/m}^2\cdot\text{°C]}$$

## 2- Calcul des déperditions :

### 2.1-Déperditions à travers les parois en contact avec l'extérieur (surfaciques) : $D_s$

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,22	16,78
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 169,94 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,46	18,60
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 171,76 \text{ [W/°C]}$$

### Vitrage double : (lame d'air : 5 a 7 mm)

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	1,82	13,76
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 166,92 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,06	15,57
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 168,73 \text{ [W/°C]}$$

## 2.2-Déperditions à travers les liaisons : $D_{li}$

Parois	Longueurs : $L_i$ [m]	La conductance : $K_{li}$ [W/m.°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Menuiserie en bois	32,8	0,134	4,40
Angle forme par un poteau x(8)	23,92	0,126	3,01
Angle forme par deux murs identiques (imbriqués) x (12)	35,88	0,069	2,48
Angle (Mur-Plancher)	33,5	0,268	8,98
	33,5	0,268	8,98

$$D_{li} = \sum K_{li} \cdot L_i = 27,85 \text{ [W/°C]}$$

## 2.3- Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés : $D_{inc}$

Parois	Tau	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$L_i$ [m]	$K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_{li}$ [W/m.°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Mur de séparation	0,4	29,94	-	1,17	-	35,03	-
Poteaux	0,4	1,79	-	2,15	-	3,85	-
Portes	0,4	2,26	-	2,0	-	4,52	-
Retombées	0,4	0,14	-	2,15	-	0,30	-
Menuiserie de la porte	0,4	-	5,38	-	0,134	-	0,72
Angle (Mur-Plancher)	0,4	-	11,75	-	0,268	-	3,15
	0,4	-	11,75	-	0,268	-	3,15

$$D_{inc} = \text{Tau} \cdot \sum K_i \cdot A_i + \text{Tau} \cdot \sum K_{li} \cdot L_i = 20,29 \text{ [W/°C]}$$

La somme des déperditions ( $\sum D_T$ )	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	218,08	215,06
Menuiserie en métal	219,90	216,87

$$D_{ref} = 212,71 \text{ [W/°C]}$$

Selon le D.T.R C3.2, la vérification se fait comme suit :

$$D_T \leq 1,05 * D_{ref} = 223,35 \text{ [W/°C]}$$

**Puissance de chauffage:**

$$D_R = 184,85 \text{ [W/°C]}$$

$Q = 15[1,20 D_T + 1,05 D_R]$ [W]	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	6836,83	6782,67
Menuiserie en métal	6869,59	6815,05

**Variante (2,1) : poteau 35****1- Calcul de la conductance K :****a)Partie courante du mur de façade : (2)**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Brique	0,10	-	0,200
Polystyrène expansé	0,05	0,046	1,087
Plaques au plâtre	0,07	0,30	0,233
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=1,707 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K= 1/R=0,59 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**b) Au niveau des retombées de poutres, ou au niveau des poteaux du mur de façade :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,35	1,75	0,200
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,444 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,25 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**c) Au niveau des retombées de poutre, ou au niveau des poteaux du mur de séparation :**

$$R = [(0,444 - 0,17) + 0,22]=0,494 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K = 1/R=2,02 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**d) Partie courante du mur de séparation :**

$$R=[(1,707 - 0,17)+0,22]=1,757 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R=0,57 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**e)Plancher :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Carrelage	0,05	1,00	0,050
Planchers hourdis	20+5	-	0,160
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=0,407 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,46 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

## 2- Calcul des déperditions :

### 2.1-Déperditions à travers les parois en contact avec l'extérieur (surfaiques) : $D_s$

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,22	16,78
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 118,03 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,46	18,60
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 119,85 \text{ [W/°C]}$$

### Vitrage double : (lame d'air : 5 a 7 mm)

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	1,82	13,76
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 115,01 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,06	15,57
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 116,82 \text{ [W/°C]}$$

## 2.2-Déperditions à travers les liaisons : $D_{li}$

Parois	Longueurs : $L_i$ [m]	La conductance : $K_{li}$ [W/m.°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Menuiserie en bois	32,8	0,078	2,56
Angle forme par un poteau x(8)	23,92	0,108	2,58
Angle forme par deux murs identiques (imbriqués) x (12)	35,88	0,028	1,00
Angle (Mur-Plancher)	32,9	0,138	4,54
	32,9	0,138	4,54

$$D_{li} = \sum K_{li} \cdot L_i = 15,22 \text{ [W/°C]}$$

## 2.3- Déperdition à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés : $D_{inc}$

Parois	Tau	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$L_i$ [m]	$K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_{li}$ [W/m.°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Mur de séparation	0,4	29,94	-	0,57	-	17,07	-
Poteaux	0,4	2,09	-	2,02	-	4,22	-
Portes	0,4	2,26	-	2,0	-	4,52	-
Retombées	0,4	0,14	-	2,02	-	0,28	-
Menuiserie de la porte	0,4	-	5,38	-	0,078	-	0,42
Angle (Mur-Plancher)	0,4	-	11,60	-	0,138	-	1,60
	0,4	-	11,60	-	0,138	-	1,60

$$D_{inc} = \text{Tau} \cdot \sum K_i \cdot A_i + \text{Tau} \cdot \sum K_{li} \cdot L_i = 11,88 \text{ [W/°C]}$$

La somme des déperditions ( $\sum D_T$ )	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	145,13	142,11
Menuiserie en métal	146,95	143,92

$$D_{réf} = 212,71 \text{ [W/°C]}$$

Selon le D.T.R C3.2, la vérification se fait comme suit :

$$D_T \leq 1,05 * D_{réf} = 223,35 \text{ [W/°C]}$$

**Puissance de chauffage:**

$$D_R = 184,85 \text{ [W/°C]}$$

$Q = 15[1,20 D_T + 1,05 D_R]$ [W]	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	5523,73	5469,37
Menuiserie en métal	5556,49	5501,95

**Variante (2,1) : poteau 30****1- Calcul de la conductance K :****a)Partie courante du mur de façade : (2)**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Brique	0,10	-	0,200
Polystyrène expansé	0,05	0,046	1,087
Plaques au plâtre	0,07	0,30	0,233
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=1,707 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K= 1/R=0,59 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**b)Au niveau des retombées de poutres, ou au niveau des poteaux du mur de façade :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,30	1,75	0,171
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,415 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,41 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**c)Au niveau des retombées de poutre, ou au niveau des poteaux du mur de séparation :**

$$R=[(0,415 - 0,17)+0,22]=0,465 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R=2,15 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**d)Partie courante du mur de séparation :**

$$R=[(1,707 - 0,17)+0,22]=1,757 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R=0,57 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**e)Plancher :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Carrelage	0,05	1,00	0,050
Planchers hourdis	20+5	-	0,160
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=0,407 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$



$$K=1/R= 2,46 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

## 2- Calcul des déperditions :

### 2.1-Déperditions à travers les parois en contact avec l'extérieur (surfaiques) : $D_s$

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,22	16,78
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 118,53 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,46	18,60
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 120,35 \text{ [W/°C]}$$

### Vitrage double : (lame d'air : 5 a 7 mm)

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	1,82	13,76
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 115,51 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,06	15,57
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 117,32 \text{ [W/°C]}$$

## 2.2-Déperditions à travers les liaisons : $D_{li}$

Parois	Longueurs : $L_i$ [m]	La conductance : $K_{li}$ [W/m.°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Menuiserie en bois	32,8	0,078	2,56
Angle forme par un poteau x(8)	23,92	0,108	2,58
Angle forme par deux murs identiques (imbriqués) x (12)	35,88	0,028	1,00
Angle (Mur-Plancher)	33,5	0,138	4,62
	33,5	0,138	4,62

$$D_{li} = \sum K_{li} \cdot L_i = 15,38 \text{ [W/°C]}$$

## 2.3- Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés : $D_{inc}$

Parois	Tau	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$L_i$ [m]	$K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_{li}$ [W/m.°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Mur de séparation	0,4	29,94	-	0,57	-	17,07	-
Poteaux	0,4	1,79	-	2,15	-	3,85	-
Portes	0,4	2,26	-	2,0	-	4,52	-
Retombées	0,4	0,14	-	2,15	-	0,30	-
Menuiserie de la porte	0,4	-	5,38	-	0,078	-	0,42
Angle (Mur-Plancher)	0,4	-	11,75	-	0,138	-	1,62
	0,4	-	11,75	-	0,138	-	1,62

$$D_{inc} = \text{Tau} \cdot \sum K_i \cdot A_i + \text{Tau} \cdot K_{li} \cdot L_i = 11,76 \text{ [W/°C]}$$

La somme des déperditions ( $\sum D_T$ )	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	145,67	142,65
Menuiserie en métal	147,49	144,46

$$D_{réf} = 212,71 \text{ [W/°C]}$$

Selon le D.T.R C3.2, la vérification se fait comme suit :

$$D_T \leq 1,05 * D_{réf} = 223,35 \text{ [W/°C]}$$

**Puissance de chauffage:**

$$D_R = 184,85 \text{ [W/°C]}$$

$Q = 15[1,20 D_T + 1,05 D_R]$ [W]	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	5533,45	5479,09
Menuiserie en métal	5566,21	5511,67

**Variante (3,1) : poteau 35****1- Calcul de la conductance K :****a)Partie courante du mur de façade : (3)**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,12	1,75	0,068
Lame d'air	0,04	-	0,160
Polystyrène expansé	0,02	0,046	0,435
Plaques au plâtre	0,05	0,30	0,167
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=1,017 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K= 1/R=0,98 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**b) Au niveau des retombées de poutres, ou au niveau des poteaux du mur de façade :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,35	1,75	0,200
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,444 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,25 \text{ [W/m}^2\text{. °C]}$$

**c) Au niveau des retombées de poutre, ou au niveau des poteaux du mur de séparation :**

$$R = [(0,444 - 0,17) + 0,22]=0,494 \text{ [m}^2\text{. °C/W]}$$

$$K = 1/R=2,02 \text{ [W/m}^2\text{. °C]}$$

**d)Partie courante du mur de séparation :**

$$R=[(1,017 - 0,17)+0,22]=1,067 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=0,94 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**e)Plancher :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Carrelage	0,05	1,00	0,050
Planchers hourdis	20+5	-	0,160
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=0,407 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,46 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

## 2- Calcul des déperditions :

### 2.1-Déperditions à travers les parois en contact avec l'extérieur (surfaiques) : $D_s$

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,22	16,78
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 148,88 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,46	18,60
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 150,70 \text{ [W/°C]}$$

### Vitrage double : (lame d'air : 5 a 7 mm)

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	1,82	13,76
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 145,86 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,06	15,57
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 147,67 \text{ [W/°C]}$$

## 2.2-Déperdition à travers les liaisons : $D_{li}$

Parois	Longueurs : $L_i$ [m]	La conductance : $K_{li}$ [W/m.°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Menuiserie en bois	32,8	0,107	3,51
Angle forme par un poteau x(8)	23,92	0,113	2,70
Angle forme par deux murs identiques (imbriqués) x (12)	35,88	0,049	1,76
Angle (Mur-Plancher)	32,9	0,219	7,21
	32,9	0,219	7,21

$$D_{li} = \sum K_{li} \cdot L_i = 22,39 \text{ [W/°C]}$$

## 2.3- Déperdition à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés : $D_{lnc}$

Parois	Tau	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$L_i$ [m]	$K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_{li}$ [W/m.°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Mur de séparation	0,4	29,94	-	0,94	-	28,14	-
Poteaux	0,4	2,09	-	2,02	-	4,22	-
Portes	0,4	2,26	-	2,0	-	4,52	-
Retombées	0,4	0,14	-	2,02	-	0,28	-
Menuiserie de la porte	0,4	-	5,38	-	0,107	-	0,58
Angle (Mur-Plancher)	0,4	-	11,75	-	0,219	-	2,57
	0,4	-	11,75	-	0,219	-	2,57

$$D_{lnc} = \text{Tau} \cdot \sum K_i \cdot A_i + \text{Tau} \cdot \sum K_{li} \cdot L_i = 17,15 \text{ [W/°C]}$$

La somme des déperditions ( $\sum D_T$ )	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	188,42	185,40
Menuiserie en métal	190,24	187,21

$$D_{réf} = 212,71 \text{ [W/°C]}$$

Selon le D.T.R C3.2, la vérification se fait comme suit :

$$D_T \leq 1,05 * D_{réf} = 223,35 \text{ [W/°C]}$$

**Puissance de chauffage:**

$$D_R = 184,85 \text{ [W/°C]}$$

$Q = 15[1,20 D_T + 1,05 D_R]$ [W]	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	6302,95	6248,59
Menuiserie en métal	6335,71	6281,17

**Variante (3,1) : poteau 30****1- Calcul de la conductance K :****a)Partie courante du mur de façade : (3)**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,12	1,75	0,068
Lame d'air	0,04	-	0,160
Polystyrène expansé	0,02	0,046	0,435
Plaques au plâtre	0,05	0,30	0,167
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=1,017 \text{ [m}^2\cdot\text{°C/W]}$$

$$K= 1/R=0,98 \text{ [W/m}^2\cdot\text{°C]}$$

**b)Au niveau des retombées de poutres, ou au niveau des poteaux du mur de façade :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,30	1,75	0,171
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,415 \text{ [m}^2\cdot\text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,41 \text{ [W/m}^2\cdot\text{°C]}$$

**c)Au niveau des retombées de poutre, ou au niveau des poteaux du mur de séparation :**

$$R=[(0,415 - 0,17)+0,22]=0,465 \text{ [m}^2\cdot\text{°C/W]}$$

$$K=1/R=2,15 \text{ [W/m}^2\cdot\text{°C]}$$

**d)Partie courante du mur de séparation :**

$$R=[(1,017 - 0,17)+0,22]=1,067 \text{ [m}^2\cdot\text{°C/W]}$$

$$K=1/R=0,94 \text{ [W/m}^2\cdot\text{°C]}$$

**e)Plancher :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Carrelage	0,05	1,00	0,050
Planchers hourdis	20+5	-	0,160
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=0,407 \text{ [m}^2\cdot\text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,46 \text{ [W/m}^2\cdot\text{°C]}$$

## 2- Calcul des déperditions :

### 2.1-Déperditions à travers les parois en contact avec l'extérieur (surfaciques) : $D_s$

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,22	16,78
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 149,38 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,46	18,60
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 151,20 \text{ [W/°C]}$$

### Vitrage double : (lame d'air : 5 a 7 mm)

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	1,82	13,76
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 146,36 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,06	15,57
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 148,17 \text{ [W/°C]}$$

## 2.2-Déperditions à travers les liaisons : $D_{li}$

Parois	Longueurs : $L_i$ [m]	La conductance : $K_{li}$ [W/m.°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Menuiserie en bois	32,8	0,107	3,51
Angle forme par un poteau x(8)	23,92	0,113	2,70
Angle forme par deux murs identiques (imbriques) x (12)	35,88	0,049	1,76
Angle (Mur-Plancher)	33,5	0,219	7,34
	33,5	0,219	7,34

$$D_{li} = \sum K_{li} \cdot L_i = 22,65 \text{ [W/°C]}$$

## 2.3- Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés : $D_{inc}$

Parois	Tau	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$L_i$ [m]	$K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_{li}$ [W/m.°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Mur de séparation	0,4	29,94	-	0,94	-	28,14	-
Poteaux	0,4	1,79	-	2,15	-	3,85	-
Portes	0,4	2,26	-	2,0	-	4,52	-
Retombées	0,4	0,14	-	2,15	-	0,30	-
Menuiserie de la porte	0,4	-	5,38	-	0,107	-	0,58
Angle (Mur-Plancher)	0,4	-	11,75	-	0,219	-	2,57
	0,4	-	11,75	-	0,219	-	2,57

$$D_{inc} = \text{Tau} \cdot \sum K_i \cdot A_i + \text{Tau} \cdot \sum K_{li} \cdot L_i = 17,01 \text{ [W/°C]}$$

La somme des déperditions ( $\sum D_T$ )	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	189,04	186,02
Menuiserie en métal	190,86	187,83

$$D_{réf} = 212,71 \text{ [W/°C]}$$

Selon le D.T.R C3.2, la vérification se fait comme suit :

$$D_T \leq 1,05 * D_{réf} = 223,35 \text{ [W/°C]}$$

**Puissance de chauffage:**

$$D_R = 184,85 \text{ [W/°C]}$$

$Q = 15[1,20 D_T + 1,05 D_R]$ [W]	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	6314,11	6259,75
Menuiserie en métal	6346,87	6292,33



**B) Niveau RDC :****Variante (1,1) :****1- Calcul de la conductance K :****a)Partie courante du mur de façade : (1)**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Brique	0,10	-	0,200
Lame d'air	0,04	-	0,160
Brique	0,10	-	0,200
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,804 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 1,24 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**b)Au niveau des retombées de poutres, ou au niveau des poteaux du mur de façade :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,35	1,75	0,200
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,444 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,25 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**c)Au niveau des retombées de poutre, ou au niveau des poteaux du mur de séparation :**

$$R=[(0,444 - 0,17)+0,22]=0,494 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=2,02 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**d)Partie courante du mur de séparation :**

$$R=[(0,804 - 0,17)+0,22]=0,854 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=1,17 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**e)Plancher :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Carrelage	0,05	1,00	0,050
Polystyrène	0,03	0,043	0,698
Dalle pleine	0,15	1,75	0,086
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=0,974 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 1,03 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

## 2- Calcul des déperditions :

### 2.1-Déperditions à travers les parois en contact avec l'extérieur (surfaiques) : $D_s$

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,22	16,78
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,90	91,11
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 260,55 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,46	18,60
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,90	91,11
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 262,37 \text{ [W/°C]}$$

### Vitrage double : (lame d'air : 5 a 7 mm)

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	1,82	13,76
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,90	91,11
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 257,53 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,06	15,57
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,90	91,11
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 259,34 \text{ [W/°C]}$$

## 2.2-Déperditions à travers les liaisons : $D_{li}$

Parois	Longueurs : $L_i$ [m]	La conductance : $K_{li}$ [W/m.°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Menuiserie en bois	32,8	0,134	4,40
Angle forme par un poteau x(8)	23,92	0,126	3,01
Angle forme par deux murs identiques (imbriqués) x (12)	35,88	0,069	2,48
Angle (Mur-Plancher)	32,9	0,193	6,35
	32,9	0,193	6,35

$$D_{li} = \sum K_{li} \cdot L_i = 22,58 \text{ [W/°C]}$$

## 2.3-Déperditions à travers les parois en contact avec le sol : $D_{sol}$

Dans notre cas on a un plancher bas sur terre-plein, selon le D.T.R C3.2

$$D_{sol} = K_s \cdot P$$

Avec :

$P$  [en m] : périmètre intérieur du plancher.  $P=47,2$

$K_s$  [en W/m.°C] : le coefficient transmission linéique du plancher bas

$$Z = 0 \rightarrow K_s = 1.75 \text{ [W/m.°C]}$$

$$\text{Alors : } D_{sol} = 82,6 \text{ W/°C}$$

## 2.4- Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés : $D_{inc}$

Parois	Tau	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$L_i$ [m]	$K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_{li}$ [W/m.°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Mur de séparation	0,4	29,94	-	1,17	-	35,03	-
Poteaux	0,4	2,09	-	2,02	-	4,22	-
Portes	0,4	2,26	-	2,0	-	4,52	-
Retombées	0,4	0,14	-	2,02	-	0,28	-
Menuiserie de la porte	0,4	-	5,38	-	0,134	-	0,72
Angle (Mur-Plancher)	0,4	-	11,60	-	0,193	-	2,24
	0,4	-	11,60	-	0,193	-	2,24

$$D_{inc} = \text{Tau} \cdot \sum K_i \cdot A_i + \text{Tau} \cdot \sum K_{li} \cdot L_i = 19,70 \text{ [W/°C]}$$

La somme des déperditions ( $\sum D_T$ )	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	385,43	382,41
Menuiserie en métal	387,25	384,22

$$D_{réf} = 455,66 \text{ [W/°C]}$$

Selon le D.T.R C3.2, la vérification se fait comme suit :

$$D_T \leq 1,05 \cdot D_{réf} = 478,44 \text{ [W/°C]}$$

**Puissance de chauffage:**

$$D_R = 141,39 \text{ [W/°C]}$$

$Q = 15[1.20 D_T + 1.05 D_R]$ [W]	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	9164,63	9110,27
Menuiserie en métal	9197,39	9142,85

**Variante (2,1) :****1- Calcul de la conductance K :****a)Partie courante du mur de façade : (2)**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Brique	0,10	-	0,200
Polystyrène expansé	0,05	0,046	1,087
Plaques au plâtre	0,07	0,30	0,233
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=1,707 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K= 1/R=0,59 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**b)Au niveau des retombées de poutres, ou au niveau des poteaux du mur de façade :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,35	1,75	0,200
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,444 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,25 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**c)Au niveau des retombées de poutre, ou au niveau des poteaux du mur de séparation :**

$$R=[(0,444 - 0,17)+0,22]=0,494 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R=2,02 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**d)Partie courante du mur de séparation :**

$$R=[(1,707 - 0,17)+0,22]=1,757 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R=0,57 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**e)Plancher :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Carrelage	0,05	1,00	0,050
Polystyrène	0,03	0,043	0,698
Dalle pleine	0,15	1,75	0,086
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=0,974 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 1,03 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**2- Calcul des déperditions :**  
**2.1-Déperditions à travers les parois en contact avec l'extérieur (surfaiques) :  $D_s$**

**a) Menuiserie en bois :**

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,22	16,78
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,90	91,11
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 209,14 \text{ [W/°C]}$$

**b) Menuiserie en métal :**

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,46	18,60
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,90	91,11
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 210,96 \text{ [W/°C]}$$

**Vitrage double : (lame d'air : 5 a 7 mm)**

**a) Menuiserie en bois :**

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	1,82	13,76
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,90	91,11
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 206,12 \text{ [W/°C]}$$

**b) Menuiserie en métal :**

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,06	15,57
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,90	91,11
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 207,93 \text{ [W/°C]}$$

## 2.2-Déperditions à travers les liaisons : $D_{li}$

Parois	Longueurs : $L_i$ [m]	La conductance : $K_{li}$ [W/m.°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Menuiserie en bois	32,8	0,078	2,56
Angle forme par un poteau x(8)	23,92	0,108	2,58
Angle forme par deux murs identiques (imbriqués) x (12)	35,88	0,028	1,00
Angle (Mur-Plancher)	32,9	0,100	3,29
	32,9	0,100	3,29

$$D_{li} = \sum K_{li} \cdot L_i = 12,73 \text{ [W/°C]}$$

## 2.3-Déperditions à travers les parois en contact avec le sol : $D_{sol}$

Dans notre cas on a un plancher bas sur terre-plein, selon le D.T.R C3.2

$$D_{sol} = K_s \cdot P$$

Avec :

$P$  [en m] : périmètre intérieur du plancher.  $P=47,2$

$K_s$  [en W/m.°C] : le coefficient transmission linéique du plancher bas

$$Z = 0 \rightarrow K_s = 1,75 \text{ [W/m.°C]}$$

$$\text{Alors : } D_{sol} = 82,6 \text{ W/°C}$$

## 2.4- Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés : $D_{inc}$

Parois	Tau	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$L_i$ [m]	$K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_{li}$ [W/m.°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Mur de séparation	0,4	29,94	-	0,57	-	17,07	-
Poteaux	0,4	2,09	-	2,02	-	4,22	-
Portes	0,4	2,26	-	2,0	-	4,52	-
Retombées	0,4	0,14	-	2,02	-	0,28	-
Menuiserie de la porte	0,4	-	5,38	-	0,078	-	0,42
Angle (Mur-Plancher)	0,4	-	11,60	-	0,100	-	1,16
	0,4	-	11,60	-	0,100	-	1,16

$$D_{inc} = \text{Tau} \cdot \sum K_i \cdot A_i + \text{Tau} \cdot \sum K_{li} \cdot L_i = 11,53 \text{ [W/°C]}$$

La somme des déperditions ( $\sum D_T$ )	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	315,96	312,98
Menuiserie en métal	317,82	314,79

$$D_{réf} = 455,66 \text{ [W/°C]}$$

Selon le D.T.R C3.2, la vérification se fait comme suit :

$$D_T \leq 1,05 * D_{réf} = 478,44 \text{ [W/°C]}$$

**Puissance de chauffage:**

$$D_R = 141,39 \text{ [W/°C]}$$

$Q = 15 [1,20 D_T + 1,05 D_R]$ [W]	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	7914,17	7860,53
Menuiserie en métal	7947,65	7893,11

**Variante (3,1) :****1- Calcul de la conductance K :****a)Partie courante du mur de façade : (3)**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,12	1,75	0,068
Lame d'air	0,04	-	0,160
Polystyrène expansé	0,02	0,046	0,435
Plaques au plâtre	0,05	0,30	0,167
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=1,017 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K= 1/R=0,98 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**b) Au niveau des retombées de poutres, ou au niveau des poteaux du mur de façade :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,35	1,75	0,200
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,444 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,25 \text{ [W/m}^2\text{. °C]}$$

**c) Au niveau des retombées de poutre, ou au niveau des poteaux du mur de séparation :**

$$R = [(0,444 - 0,17) + 0,22]=0,494 \text{ [m}^2\text{. °C/W]}$$

$$K = 1/R=2,02 \text{ [W/m}^2\text{. °C]}$$

**d)Partie courante du mur de séparation :**

$$R=[(1,017 - 0,17)+0,22]=1,067 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=0,94 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**e)Plancher :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Carrelage	0,05	1,00	0,050
Polystyrène	0,03	0,043	0,698
Dalle pleine	0,15	1,75	0,086
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=0,974 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 1,03 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**2- Calcul des déperditions :**  
**2.1-Déperditions à travers les parois en contact avec l'extérieur (surfaiques) :  $D_s$**

**a) Menuiserie en bois :**

Parois	Surfaces : $A_i$ [ $m^2$ ]	La conductance : $K_i$ [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ]	$K_i \cdot A_i$ [ $W/^\circ C$ ]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,22	16,78
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,90	91,11
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 239,99 \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$

**b) Menuiserie en métal :**

Parois	Surfaces : $A_i$ [ $m^2$ ]	La conductance : $K_i$ [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ]	$K_i \cdot A_i$ [ $W/^\circ C$ ]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,46	18,60
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,90	91,11
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 241,81 \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$

**Vitrage double : (lame d'air : 5 a 7 mm)**

**a) Menuiserie en bois :**

Parois	Surfaces : $A_i$ [ $m^2$ ]	La conductance : $K_i$ [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ]	$K_i \cdot A_i$ [ $W/^\circ C$ ]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	1,82	13,76
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,90	91,11
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 236,97 \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$

**b) Menuiserie en métal :**

Parois	Surfaces : $A_i$ [ $m^2$ ]	La conductance : $K_i$ [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ]	$K_i \cdot A_i$ [ $W/^\circ C$ ]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,06	15,57
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,90	91,11
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 238,78 \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$



## 2.2-Déperdition à travers les liaisons : $D_{li}$

Parois	Longueurs : $L_i$ [m]	La conductance : $K_{li}$ [W/m.°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Menuiserie en bois	32,8	0,107	3,51
Angle forme par un poteau x(8)	23,92	0,113	2,70
Angle forme par deux murs identiques (imbriqués) x (12)	35,88	0,049	1,76
Angle (Mur-Plancher)	32,9	0,158	5,20
	32,9	0,158	5,20

$$D_{li} = \sum K_{li} \cdot L_i = 18,37 \text{ [W/°C]}$$

## 2.3-Déperdition à travers les parois en contact avec le sol : $D_{sol}$

Dans notre cas on a un plancher bas sur terre-plein, selon le D.T.R C3.2

$$D_{sol} = K_s \cdot P$$

Avec :

$P$  [en m] : périmètre intérieur du plancher.  $P=47,2$

$K_s$  [en W/m.°C] : le coefficient transmission linéique du plancher bas

$$Z = 0 \rightarrow K_s = 1.75 \text{ [W/m.°C]}$$

$$\text{Alors : } D_{sol} = 82,6 \text{ W/°C}$$

## 2.4- Déperdition à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés : $D_{inc}$

Parois	Tau	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$L_i$ [m]	$K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_{li}$ [W/m.°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Mur de séparation	0,4	29,94	-	0,94	-	28,14	-
Poteaux	0,4	2,09	-	2,02	-	4,22	-
Portes	0,4	2,26	-	2,00	-	4,52	-
Retombées	0,4	0,14	-	2,02	-	0,28	-
Menuiserie de la porte	0,4	-	5,38	-	0,107	-	0,58
Angle (Mur-Plancher)	0,4	-	11,60	-	0,158	-	1,83
	0,4	-	11,60	-	0,158	-	1,83

$$D_{inc} = \text{Tau} \cdot \sum K_i \cdot A_i + \text{Tau} \cdot \sum K_{li} \cdot L_i = 16,56 \text{ [W/°C]}$$

La somme des déperditions ( $\sum D_T$ )	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	357,52	354,50
Menuiserie en métal	359,34	356,31

$$D_{réf} = 455,66 \text{ [W/°C]}$$

Selon le D.T.R C3.2, la vérification se fait comme suit :

$$D_T \leq 1,05 \cdot D_{réf} = 478,44 \text{ [W/°C]}$$

**Puissance de chauffage:**

$$D_R = 141,39 \text{ [W/°C]}$$

$Q = 15 [1.20 D_T + 1.05 D_R]$ [W]	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	8662,25	8607,89
Menuiserie en métal	8695,01	8640,47

**Variante (1,2) :**

**1- Calcul de la conductance K :**

**a)Partie courante du mur de façade : (1)**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Brique	0,10	-	0,200
Lame d'air	0,04	-	0,160
Brique	0,10	-	0,200
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,804 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 1,24 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**b)Au niveau des retombées de poutres, ou au niveau des poteaux du mur de façade :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,35	1,75	0,200
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,444 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,25 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**c)Au niveau des retombées de poutre, ou au niveau des poteaux du mur de séparation :**

$$R=[(0,444 - 0,17)+0,22]=0,494 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=2,02 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**d)Partie courante du mur de séparation :**

$$R=[(0,804- 0,17)+0,22]=0,854 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=1,17 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**e)Plancher :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Carrelage	0,05	1,00	0,050
Liège	0,03	0,05	0,600
Dalle pleine	0,15	1,75	0,086
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=0,876 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 1,14 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**2- Calcul des déperditions :**  
**2.1-Déperditions à travers les parois en contact avec l'extérieur (surfaiques) :  $D_s$**

**a) Menuiserie en bois :**

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,22	16,78
Les retombées	5,62	2,25	12,66
Le plancher	101,23	0,99	100,22
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 269,66 \text{ [W/°C]}$$

**b) Menuiserie en métal :**

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,46	18,60
Les retombées	5,62	2,25	12,66
Le plancher	101,23	0,99	100,22
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 271,49 \text{ [W/°C]}$$

**Vitrage double : (lame d'air : 5 a 7 mm)**

**a) Menuiserie en bois :**

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	1,82	13,76
Les retombées	5,62	2,25	12,66
Le plancher	101,23	0,99	100,22
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 266,65 \text{ [W/°C]}$$

**b) Menuiserie en métal :**

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,06	15,57
Les retombées	5,62	2,25	12,66
Le plancher	101,23	0,99	100,22
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 268,46 \text{ [W/°C]}$$

## 2.2-Déperditions à travers les liaisons : $D_{li}$

Parois	Longueurs : $L_i$ [m]	La conductance : $K_{li}$ [W/m.°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Menuiserie en bois	32,8	0,134	4,40
Angle forme par un poteau x(8)	23,92	0,126	3,01
Angle forme par deux murs identiques (imbriqués) x (12)	35,88	0,069	2,48
Angle (Mur-Plancher)	32,9	0,193	6,35
	32,9	0,193	6,35

$$D_{li} = \sum K_{li} \cdot L_i = 22,58 \text{ [W/°C]}$$

## 2.3-Déperditions à travers les parois en contact avec le sol : $D_{sol}$

Dans notre cas on a un plancher bas sur terre-plein, selon le D.T.R C3.2

$$D_{sol} = K_s \cdot P$$

Avec :

$P$  [en m] : périmètre intérieur du plancher.  $P=47,2$

$K_s$  [en W/m.°C] : le coefficient transmission linéique du plancher bas

$$Z = 0 \rightarrow K_s = 1,75 \text{ [W/m.°C]}$$

$$\text{Alors : } D_{sol} = 82,6 \text{ W/°C}$$

## 2.4- Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés : $D_{inc}$

Parois	Tau	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$L_i$ [m]	$K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_{li}$ [W/m.°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Mur de séparation	0,4	29,94	-	1,17	-	35,03	-
Poteaux	0,4	2,09	-	2,02	-	4,22	-
Portes	0,4	2,26	-	2,0	-	4,52	-
Retombées	0,4	0,14	-	2,02	-	0,28	-
Menuiserie de la porte	0,4	-	5,38	-	0,134	-	0,72
Angle (Mur-Plancher)	0,4	-	11,75	-	0,193	-	2,27
	0,4	-	11,75	-	0,193	-	2,27

$$D_{inc} = \text{Tau} \cdot \sum K_i \cdot A_i + \text{Tau} \cdot \sum K_{li} \cdot L_i = 19,72 \text{ [W/°C]}$$

La somme des déperditions ( $\sum D_T$ )	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	394,56	391,55
Menuiserie en métal	396,39	393,36

$$D_{réf} = 455,66 \text{ [W/°C]}$$

Selon le D.T.R C3.2, la vérification se fait comme suit :

$$D_T \leq 1,05 \cdot D_{réf} = 478,44 \text{ [W/°C]}$$

**Puissance de chauffage:**

$$D_R = 141,39 \text{ [W/°C]}$$

$Q = 15 [1,20 D_T + 1,05 D_R]$ [W]	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	9328,97	9274,79
Menuiserie en métal	9361,91	9307,37

**Variante (2,2) :**

**1- Calcul de la conductance K :**

**a)Partie courante du mur de façade : (2)**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Brique	0,10	-	0,200
Polystyrène expansé	0,05	0,046	1,087
Plaques au plâtre	0,07	0,30	0,233
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=1,707 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K= 1/R=0,59 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**b)Au niveau des retombées de poutres, ou au niveau des poteaux du mur de façade :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,35	1,75	0,200
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,444 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,25 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**c)Au niveau des retombées de poutre, ou au niveau des poteaux du mur de séparation :**

$$R=[(0,444 - 0,17)+0,22]=0,494 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=2,02 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**d)Partie courante du mur de séparation :**

$$R=[(1,707 - 0,17)+0,22]=1,757 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=0,57 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**e)Plancher :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Carrelage	0,05	1,00	0,050
Liège	0,03	0,05	0,600
Dalle pleine	0,15	1,75	0,086
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=0,876 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 1,14 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

## 2- Calcul des déperditions :

### 2.1-Déperditions à travers les parois en contact avec l'extérieur (surfaiques) : $D_s$

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [ $m^2$ ]	La conductance : $K_i$ [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ]	$K_i \cdot A_i$ [ $W/^\circ C$ ]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,22	16,78
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,99	100,22
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 218,25 \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [ $m^2$ ]	La conductance : $K_i$ [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ]	$K_i \cdot A_i$ [ $W/^\circ C$ ]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,46	18,60
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,99	100,22
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 220,07 \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$

### Vitrage double : (lame d'air : 5 a 7 mm)

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [ $m^2$ ]	La conductance : $K_i$ [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ]	$K_i \cdot A_i$ [ $W/^\circ C$ ]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	1,82	13,76
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,99	100,22
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 215,23 \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [ $m^2$ ]	La conductance : $K_i$ [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ]	$K_i \cdot A_i$ [ $W/^\circ C$ ]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,06	15,57
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,99	100,22
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 217,04 \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$

## 2.2-Déperditions à travers les liaisons : $D_{li}$

Parois	Longueurs : $L_i$ [m]	La conductance : $K_{li}$ [W/m.°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Menuiserie en bois	32,8	0,078	2,56
Angle forme par un poteau x(8)	23,92	0,108	2,58
Angle forme par deux murs identiques (imbriqués) x (12)	35,88	0,028	1,00
Angle (Mur-Plancher)	32,9	0,100	3,29
	32,9	0,100	3,29

$$D_{li} = \sum K_{li} \cdot L_i = 12,73 \text{ [W/°C]}$$

## 2.3-Déperditions à travers les parois en contact avec le sol : $D_{sol}$

Dans notre cas on a un plancher bas sur terre-plein, selon le D.T.R C3.2

$$D_{sol} = K_s \cdot P$$

Avec :

$P$  [en m] : périmètre intérieur du plancher.  $P=47,2$

$K_s$  [en W/m.°C] : le coefficient transmission linéique du plancher bas

$$Z = 0 \rightarrow K_s = 1,75 \text{ [W/m.°C]}$$

$$\text{Alors : } D_{sol} = 82,6 \text{ W/°C}$$

## 2.4- Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés : $D_{inc}$

Parois	Tau	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$L_i$ [m]	$K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_{li}$ [W/m.°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Mur de séparation	0,4	29,94	-	0,57	-	17,07	-
Poteaux	0,4	2,09	-	2,02	-	4,22	-
Portes	0,4	2,26	-	2,00	-	4,52	-
Retombées	0,4	0,14	-	2,02	-	0,28	-
Menuiserie de la porte	0,4	-	5,38	-	0,078	-	0,42
Angle (Mur-Plancher)	0,4	-	11,75	-	0,100	-	1,18
	0,4	-	11,75	-	0,100	-	1,18

$$D_{inc} = \text{Tau} \cdot \sum K_i \cdot A_i + \text{Tau} \cdot \sum K_{li} \cdot L_i = 11,55 \text{ [W/°C]}$$

La somme des déperditions ( $\sum D_T$ )	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	325,13	322,11
Menuiserie en métal	326,95	323,92

$$D_{réf} = 455,66 \text{ [W/°C]}$$

Selon le D.T.R C3.2, la vérification se fait comme suit :

$$D_T \leq 1,05 \cdot D_{réf} = 478,44 \text{ [W/°C]}$$

**Puissance de chauffage:**

$$D_R = 141,39 \text{ [W/°C]}$$

$Q = 15[1,20 D_T + 1,05 D_R]$ [W]	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	8079,23	8024,87
Menuiserie en métal	8111,99	8057,45

**Variante (3,2) :**

**1- Calcul de la conductance K :**

**a)Partie courante du mur de façade : (3)**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,12	1,75	0,068
Lame d'air	0,04	-	0,160
Polystyrène expansé	0,02	0,046	0,435
Plaques au plâtre	0,05	0,30	0,167
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=1,017 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K= 1/R=0,98 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**b)Au niveau des retombées de poutres, ou au niveau des poteaux du mur de façade :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,35	1,75	0,200
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,444 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,25 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**c)Au niveau des retombées de poutre, ou au niveau des poteaux du mur de séparation :**

$$R=[(0,444 - 0,17)+0,22]=0,494 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=2,02 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**d)Partie courante du mur de séparation :**

$$R=[(1,017 - 0,17)+0,22]=1,067 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=0,94 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**e)Planchers terrasse :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Carrelage	0,05	1,00	0,050
Liège	0,03	0,05	0,600
Dalle pleine	0,15	1,75	0,086
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=0,876 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 1,14 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$



## 2- Calcul des déperditions :

### 2.1-Déperditions à travers les parois en contact avec l'extérieur (surfaiques) : $D_s$

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,22	16,78
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,99	100,22
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 249,10 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,46	18,60
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,99	100,22
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 250,92 \text{ [W/°C]}$$

### Vitrage double : (lame d'air : 5 a 7 mm)

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	1,82	13,76
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,99	100,22
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 246,08 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,06	15,57
Les retombées	5,62	2,25	12,65
Le plancher	101,23	0,99	100,22
Les poteaux	2,09	2,25	4,70

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 247,89 \text{ [W/°C]}$$

## 2.2-Déperditions à travers les liaisons : $D_{li}$

Parois	Longueurs : $L_i$ [m]	La conductance : $K_{li}$ [W/m.°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Menuiserie en bois	32,8	0,107	3,51
Angle forme par un poteau x(8)	23,92	0,113	2,70
Angle forme par deux murs identiques (imbriqués) x (12)	35,88	0,049	1,76
Angle (Mur-Plancher)	32,9	0,158	5,20
	32,9	0,158	5,20

$$D_{li} = \sum K_{li} \cdot L_i = 18,37 \text{ [W/°C]}$$

## 2.3-Déperditions à travers les parois en contact avec le sol : $D_{sol}$

Dans notre cas on a un plancher bas sur terre-plein, selon le D.T.R C3.2

$$D_{sol} = K_s \cdot P$$

Avec :

$P$  [en m] : périmètre intérieur du plancher.  $P=47,2$

$K_s$  [en W/m.°C] : le coefficient transmission linéique du plancher bas

$$Z = 0 \rightarrow K_s = 1.75 \text{ [W/m.°C]}$$

$$\text{Alors : } D_{sol} = 82,6 \text{ W/°C}$$

## 2.4- Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés : $D_{inc}$

Parois	Tau	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$L_i$ [m]	$K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_{li}$ [W/m.°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Mur de séparation	0,4	29,94	-	0,94	-	28,14	-
Poteaux	0,4	2,09	-	2,02	-	4,22	-
Portes	0,4	2,26	-	2,00	-	4,52	-
Retombées	0,4	0,14	-	2,02	-	0,28	-
Menuiserie de la porte	0,4	-	5,38	-	0,107	-	0,58
Angle (Mur-Plancher)	0,4	-	11,75	-	0,158	-	1,86
	0,4	-	11,75	-	0,158	-	1,86

$$D_{inc} = \text{Tau} \cdot \sum K_i \cdot A_i + \text{Tau} \cdot \sum K_{li} \cdot L_i = 16,58 \text{ [W/°C]}$$

La somme des déperditions ( $\sum D_T$ )	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	366,65	363,63
Menuiserie en métal	368,47	365,44

$$D_{réf} = 455,66 \text{ [W/°C]}$$

Selon le D.T.R C3.2, la vérification se fait comme suit :

$$D_T \leq 1,05 \cdot D_{réf} = 478,44 \text{ [W/°C]}$$

**Puissance de chauffage:**

$$D_R = 141,39 \text{ [W/°C]}$$

$Q = 15 [1.20 D_T + 1.05 D_R]$ [W]	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	8844,23	8772,23
Menuiserie en métal	8826,59	8804,81

**C) Niveau terrasse :**

**Variante (1,1) :**

**1- Calcul de la conductance K :**

**a)Partie courante du mur de façade : (1)**

Éléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Brique	0,10	-	0,200
Lame d'air	0,04	-	0,160
Brique	0,10	-	0,200
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,804 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 1,24 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**b)Au niveau des retombées de poutres, ou au niveau des poteaux du mur de façade :**

Éléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,30	1,75	0,171
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,415 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,41 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**c)Au niveau des retombées de poutre, ou au niveau des poteaux du mur de séparation :**

$$R=[(0,415 - 0,17)+0,22]=0,465 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=2,15 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**d) Partie courante du mur de séparation :**

$$R=[(0,804 - 0,17)+0,22]=0,854 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=1,17 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**e) Plancher terrasse :**

Éléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Protection en gravillon roulés	0,05	1,20	0,041
Chape en béton	0,04	1,75	0,023
Bitume	0,02	0,23	0,087
Polystyrène	0,03	0,043	0,698
Planchers hourdis	20+5	-	0,160
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=1,206 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 0,83 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

## 2- Calcul des déperditions :

### 2.1-Déperditions à travers les parois en contact avec l'extérieur (surfaiques) : $D_s$

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,22	16,78
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,83	84,12
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 254,06 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,46	18,60
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,83	84,12
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 255,88 \text{ [W/°C]}$$

### Vitrage double : (lame d'air : 5 a 7 mm)

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	1,82	13,76
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,83	84,12
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 251,04 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	1,24	98,07
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,06	15,57
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,83	84,12
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 252,85 \text{ [W/°C]}$$

## 2.2-Déperditions à travers les liaisons : $D_{li}$

Parois	Longueurs : $L_i$ [m]	La conductance : $K_{li}$ [W/m.°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Menuiserie en bois	32,8	0,134	4,39
Angle forme par un poteau x(8)	23,92	0,126	3,01
Angle forme par deux murs identiques (imbriqués) x (12)	35,88	0,069	2,48
Angle (Mur-Plancher)	33,5	0,344	11,52
	33,5	0,344	11,52

$$D_{li} = \sum K_{li} \cdot L_i = 32,02 \text{ [W/°C]}$$

## 2.3- Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés : $D_{inc}$

Parois	Tau	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$L_i$ [m]	$K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_{li}$ [W/m.°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Mur de séparation	0,4	29,94	-	1,17	-	35,03	-
Poteaux	0,4	1,79	-	2,15	-	3,85	-
Portes	0,4	2,26	-	2,00	-	4,52	-
Retombées	0,4	0,14	-	2,15	-	0,30	-
Menuiserie de la porte	0,4	-	5,38	-	0,134	-	0,72
Angle (Mur-Plancher)	0,4	-	11,75	-	0,344	-	4,04
	0,4	-	11,75	-	0,344	-	4,04

$$D_{inc} = \text{Tau} \cdot \sum K_i \cdot A_i + \text{Tau} \cdot \sum K_{li} \cdot L_i = 21 \text{ [W/°C]}$$

La somme des déperditions ( $\sum D_T$ )	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	307,08	304,06
Menuiserie en métal	308,90	305,87

$$D_{réf} = 324,19 \text{ [W/°C]}$$

Selon le D.T.R C3.2, la vérification se fait comme suit :

$$D_T \leq 1,05 * D_{réf} = 340,40 \text{ [W/°C]}$$

**Puissance de chauffage:**

$$D_R = 232,12 \text{ [W/°C]}$$

$Q = 15[1.20 D_T + 1.05 D_R]$ [W]	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	9183,33	9128,97
Menuiserie en métal	9216,09	9161,55

**Variante (2,1) :****1- Calcul de la conductance K :****a)Partie courante du mur de façade : (2)**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Brique	0,10	-	0,200
Polystyrène expansé	0,05	0,046	1,087
Plaques au plâtre	0,07	0,30	0,233
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=1,707 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=0,59 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**b)Au niveau des retombées de poutres, ou au niveau des poteaux du mur de façade :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,30	1,75	0,171
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,415 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=2,41 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**c)Au niveau des retombées de poutre, ou au niveau des poteaux du mur de séparation :**

$$R=[(0,415 - 0,17)+0,22]=0,465 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=2,15 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**d)Partie courante du mur de séparation :**

$$R=[(1,707 - 0,17)+0,22]=1,757 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=0,57 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**e) Plancher terrasse :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Protection en gravillon roulés	0,05	1,20	0,041
Chape en béton	0,04	1,75	0,023
Bitume	0,02	0,23	0,087
Polystyrène	0,03	0,043	0,698
Planchers hourdis	20+5	-	0,160
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=1,206 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=0,83 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

## 2- Calcul des déperditions :

### 2.1-Déperditions à travers les parois en contact avec l'extérieur (surfaiques) : $D_s$

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,22	16,78
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,83	84,12
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 202,66 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,46	18,60
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,83	84,12
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 204,47 \text{ [W/°C]}$$

### Vitrage double : (lame d'air : 5 a 7 mm)

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	1,82	13,76
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,83	84,12
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 199,63 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,06	15,57
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,83	84,12
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 201,44 \text{ [W/°C]}$$

## 2.2-Déperditions à travers les liaisons : $D_{li}$

Parois	Longueurs : $L_i$ [m]	La conductance : $K_{li}$ [W/m.°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Menuiserie en bois	32,8	0,078	2,56
Angle forme par un poteau x(8)	23,92	0,108	2,58
Angle forme par deux murs identiques (imbriqués) x (12)	35,88	0,028	1,00
Angle (Mur-Plancher)	33,5	0,177	5,93
	33,5	0,177	5,93

$$D_{li} = \sum K_{li} \cdot L_i = 18,00 \text{ [W/°C]}$$

## 2.3- Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés : $D_{inc}$

Parois	Tau	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$L_i$ [m]	$K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_{li}$ [W/m.°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Mur de séparation	0,4	29,94	-	0,57	-	17,07	-
Poteaux	0,4	1,79	-	2,15	-	3,85	-
Portes	0,4	2,26	-	2,00	-	4,52	-
Retombées	0,4	0,14	-	2,15	-	0,30	-
Menuiserie de la porte	0,4	-	5,38	-	0,078	-	0,42
Angle (Mur-Plancher)	0,4	-	11,75	-	0,177	-	2,08
	0,4	-	11,75	-	0,177	-	2,08

$$D_{inc} = \text{Tau} \cdot \sum K_i \cdot A_i + \text{Tau} \cdot K_{li} \cdot L_i = 12,13 \text{ [W/°C]}$$

La somme des déperditions ( $\sum D_T$ )	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	232,79	229,76
Menuiserie en métal	234,60	231,57

$$D_{réf} = 324,19 \text{ [W/°C]}$$

Selon le D.T.R C3.2, la vérification se fait comme suit :

$$D_T \leq 1,05 \cdot D_{réf} = 340,40 \text{ [W/°C]}$$

**Puissance de chauffage:**

$$D_R = 232,12 \text{ [W/°C]}$$

$Q = 15[1,20 D_T + 1,05 D_R]$ [W]	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	7846,11	7791,57
Menuiserie en métal	7878,69	7824,15



**Variante (3,1) :****1- Calcul de la conductance K :****a)Partie courante du mur de façade : (3)**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,12	1,75	0,068
Lame d'air	0,04	-	0,160
Polystyrène expansé	0,02	0,046	0,435
Plaques au plâtre	0,05	0,30	0,167
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=1,017 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K= 1/R=0,98 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**b)Au niveau des retombées de poutres, ou au niveau des poteaux du mur de façade :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,30	1,75	0,171
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,415 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,41 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**c)Au niveau des retombées de poutre, ou au niveau des poteaux du mur de séparation :**

$$R=[(0,415 - 0,17)+0,22]=0,465 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R=2,15 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**d)Partie courante du mur de séparation :**

$$R=[(1,017 - 0,17)+0,22]=1,067 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R=0,94 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

**e) Plancher terrasse :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Protection en gravillon roulés	0,05	1,20	0,041
Chape en béton	0,04	1,75	0,023
Bitume	0,02	0,23	0,087
Polystyrène	0,03	0,043	0,698
Planchers hourdis	20+5	-	0,160
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=1,206 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 0,83 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$$

## 2- Calcul des déperditions :

### 2.1-Déperditions à travers les parois en contact avec l'extérieur (surfaciques) : $D_s$

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,22	16,78
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,83	84,12
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 233,51 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,46	18,60
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,83	84,12
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 235,32 \text{ [W/°C]}$$

### Vitrage double : (lame d'air : 5 a 7 mm)

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	1,82	13,76
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,83	84,12
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 230,48 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,06	15,57
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,83	84,12
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 232,29 \text{ [W/°C]}$$

## 2.2-Déperditions à travers les liaisons : $D_{li}$

Parois	Longueurs : $L_i$ [m]	La conductance : $K_{li}$ [W/m.°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Menuiserie en bois	32,8	0,107	3,51
Angle forme par un poteau x(8)	23,92	0,113	2,70
Angle forme par deux murs identiques (imbriqués) x (12)	35,88	0,049	1,76
Angle (Mur-Plancher)	33,5	0,281	9,41
	33,5	0,281	9,41

$$D_{li} = \sum K_{li} \cdot L_i = 17,38 \text{ [W/°C]}$$

## 2.3- Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés : $D_{inc}$

Parois	Tau	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$L_i$ [m]	$K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_{li}$ [W/m.°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Mur de séparation	0,4	29,94	-	0,94	-	28,14	-
Poteaux	0,4	1,79	-	2,15	-	3,85	-
Portes	0,4	2,26	-	2,00	-	4,52	-
Retombées	0,4	0,14	-	2,15	-	0,30	-
Menuiserie de la porte	0,4	-	5,38	-	0,107	-	0,58
Angle (Mur-Plancher)	0,4	-	11,75	-	0,281	-	3,30
	0,4	-	11,75	-	0,281	-	3,30

$$D_{inc} = \text{Tau} \cdot \sum K_i \cdot A_i + \text{Tau} \cdot K_{li} \cdot L_i = 17,60 \text{ [W/°C]}$$

La somme des déperditions ( $\sum D_T$ )	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	268,49	265,46
Menuiserie en métal	270,30	267,27

$$D_{réf} = 324,19 \text{ [W/°C]}$$

Selon le D.T.R C3.2, la vérification se fait comme suit :

$$D_T \leq 1,05 * D_{réf} = 340,40 \text{ [W/°C]}$$

### Puissance de chauffage:

$$D_R = 232,12 \text{ [W/°C]}$$

$Q = 15[1,20 D_T + 1,05 D_R]$ [W]	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	8488,71	8434,17
Menuiserie en métal	8521,29	8466,75

**Variante (2,2) :****1- Calcul de la conductance K :****a)Partie courante du mur de façade : (2)**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Brique	0,10	-	0,200
Polystyrène expansé	0,05	0,046	1,087
Plaques au plâtre	0,07	0,30	0,233
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=1,707 \text{ [m}^2\cdot\text{°C/W]}$$

$$K= 1/R=0,59 \text{ [W/m}^2\cdot\text{°C]}$$

**b)Au niveau des retombées de poutres, ou au niveau des poteaux du mur de façade :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,30	1,75	0,171
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,415 \text{ [m}^2\cdot\text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,41 \text{ [W/m}^2\cdot\text{°C]}$$

**c)Au niveau des retombées de poutre, ou au niveau des poteaux du mur de séparation :**

$$R=[(0,415 - 0,17)+0,22]=0,465 \text{ [m}^2\cdot\text{°C/W]}$$

$$K=1/R=2,15 \text{ [W/m}^2\cdot\text{°C]}$$

**d)Partie courante du mur de séparation :**

$$R=[(1,707 - 0,17)+0,22]=1,757 \text{ [m}^2\cdot\text{°C/W]}$$

$$K=1/R=0,57 \text{ [W/m}^2\cdot\text{°C]}$$

**e) Plancher terrasse :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Protection en gravillon roulés	0,05	1,20	0,041
Chape en béton	0,04	1,75	0,023
Bitume	0,02	0,23	0,087
Liège	0,03	0,05	0,600
Planchers hourdis	20+5	-	0,160
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=1,108 \text{ [m}^2\cdot\text{°C/W]}$$

$$K=1/R= 0,90 \text{ [W/m}^2\cdot\text{°C]}$$

## 2- Calcul des déperditions :

### 2.1-Déperditions à travers les parois en contact avec l'extérieur (surfaiques) : $D_s$

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,22	16,78
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,90	91,22
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 209,76 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,46	18,60
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,90	91,22
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 211,57 \text{ [W/°C]}$$

### Vitrage double : (lame d'air : 5 a 7 mm)

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	1,82	13,76
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,90	91,22
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 206,73 \text{ [W/°C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	La conductance : $K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]
Les murs	79,09	0,59	46,66
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,06	15,57
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,90	91,22
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 208,54 \text{ [W/°C]}$$

## 2.2-Déperditions à travers les liaisons : $D_{li}$

Parois	Longueurs : $L_i$ [m]	La conductance : $K_{li}$ [W/m.°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Menuiserie en bois	32,8	0,078	2,56
Angle forme par un poteau x(8)	23,92	0,108	2,58
Angle forme par deux murs identiques (imbriqués) x (12)	35,88	0,028	1,00
Angle (Mur-Plancher)	33,5	0,177	5,93
	33,5	0,177	5,93

$$D_{li} = \sum K_{li} \cdot L_i = 18,00 \text{ [W/°C]}$$

## 2.3- Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés : $D_{inc}$

Parois	Tau	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$L_i$ [m]	$K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_{li}$ [W/m.°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Mur de séparation	0,4	29,94	-	0,57	-	17,07	-
Poteaux	0,4	1,79	-	2,15	-	3,85	-
Portes	0,4	2,26	-	2,00	-	4,52	-
Retombées	0,4	0,14	-	2,15	-	0,30	-
Menuiserie de la porte	0,4	-	5,38	-	0,078	-	0,42
Angle (Mur-Plancher)	0,4	-	11,75	-	0,177	-	2,08
	0,4	-	11,75	-	0,177	-	2,08

$$D_{inc} = \text{Tau} \cdot \sum K_i \cdot A_i + \text{Tau} \cdot \sum K_{li} \cdot L_i = 12,13 \text{ [W/°C]}$$

La somme des déperditions ( $\sum D_T$ )	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	239,89	236,86
Menuiserie en métal	241,70	238,67

$$D_{réf} = 324,19 \text{ [W/°C]}$$

Selon le D.T.R C3.2, la vérification se fait comme suit :

$$D_T \leq 1,05 * D_{réf} = 340,40 \text{ [W/°C]}$$

**Puissance de chauffage:**

$$D_R = 232,12 \text{ [W/°C]}$$

$Q = 15[1,20 D_T + 1,05 D_R]$ [W]	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	7973,91	7919,37
Menuiserie en métal	8006,49	7951,95

**Variante (3,2) :****1- Calcul de la conductance K :****a)Partie courante du mur de façade : (3)**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier batard	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,12	1,75	0,068
Lame d'air	0,04	-	0,160
Polystyrène expansé	0,02	0,046	0,435
Plaques au plâtre	0,05	0,30	0,167
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=1,017 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K= 1/R=0,98 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**b)Au niveau des retombées de poutres, ou au niveau des poteaux du mur de façade :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Mortier	0,02	1,15	0,017
Béton arme	0,30	1,75	0,171
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,170

$$\Sigma R=0,415 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 2,41 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**c)Au niveau des retombées de poutre, ou au niveau des poteaux du mur de séparation :**

$$R=[(0,415 - 0,17)+0,22]=0,465 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=2,15 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**d)Partie courante du mur de séparation :**

$$R=[(1,017 - 0,17)+0,22]=1,067 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R=0,94 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

**e) Plancher terrasse :**

Eléments constitutifs	Epaisseur e[m]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.°C]	Resistance thermique R[m <sup>2</sup> .°C/W]
Protection en gravillon roulés	0,05	1,20	0,041
Chape en béton	0,04	1,75	0,023
Bitume	0,02	0,23	0,087
Liège	0,03	0,05	0,600
Planchers hourdis	20+5	-	0,160
Enduit plâtre	0,02	0,35	0,057
Resistance d'échange Superficiel	-	-	0,140

$$\Sigma R=1,108 \text{ [m}^2\text{.°C/W]}$$

$$K=1/R= 0,90 \text{ [W/m}^2\text{.°C]}$$

## 2- Calcul des déperditions :

### 2.1-Déperditions à travers les parois en contact avec l'extérieur (surfaiques) : $D_s$

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [ $m^2$ ]	La conductance : $K_i$ [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ]	$K_i \cdot A_i$ [ $W/^\circ C$ ]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,22	16,78
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,90	91,22
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 240,60 \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [ $m^2$ ]	La conductance : $K_i$ [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ]	$K_i \cdot A_i$ [ $W/^\circ C$ ]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,46	18,60
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,90	91,22
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 242,42 \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$

### Vitrage double : (lame d'air : 5 a 7 mm)

#### a) Menuiserie en bois :

Parois	Surfaces : $A_i$ [ $m^2$ ]	La conductance : $K_i$ [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ]	$K_i \cdot A_i$ [ $W/^\circ C$ ]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	1,82	13,76
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,90	91,22
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 237,58 \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$

#### b) Menuiserie en métal :

Parois	Surfaces : $A_i$ [ $m^2$ ]	La conductance : $K_i$ [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ]	$K_i \cdot A_i$ [ $W/^\circ C$ ]
Les murs	79,09	0,98	77,51
Les portes	10,64	3,5	37,24
Les fenêtres	7,56	2,06	15,57
Les retombées	5,62	2,41	13,54
Le plancher	101,35	0,90	91,22
Les poteaux	1,79	2,41	4,31

$$D_s = \sum K_i \cdot A_i = 239,39 \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$



## 2.2-Déperditions à travers les liaisons : $D_{li}$

Parois	Longueurs : $L_i$ [m]	La conductance : $K_{li}$ [W/m.°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Menuiserie en bois	32,8	0,107	3,51
Angle forme par un poteau x(8)	23,92	0,113	2,70
Angle forme par deux murs identiques (imbriqués) x (12)	35,88	0,049	1,76
Angle (Mur-Plancher)	33,5	0,281	9,41
	33,5	0,281	9,41

$$D_{li} = \sum K_{li} \cdot L_i = 26,79 \text{ [W/°C]}$$

## 2.3- Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés : $D_{lnc}$

Parois	Tau	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$L_i$ [m]	$K_i$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$K_{li}$ [W/m.°C]	$K_i \cdot A_i$ [W/°C]	$K_{li} \cdot L_i$ [W/°C]
Mur de séparation	0,4	29,94	-	0,94	-	28,14	-
Poteaux	0,4	1,79	-	2,15	-	3,85	-
Portes	0,4	2,26	-	2,00	-	4,52	-
Retombées	0,4	0,14	-	2,15	-	0,30	-
Menuiserie de la porte	0,4	-	5,38	-	0,107	-	0,58
Angle (Mur-Plancher)	0,4	-	11,75	-	0,281	-	3,30
	0,4	-	11,75	-	0,281	-	3,30

$$D_{lnc} = \text{Tau} \cdot \sum K_i \cdot A_i + \text{Tau} \cdot \sum K_{li} \cdot L_i = 17,60 \text{ [W/°C]}$$

La somme des déperditions ( $\sum D_T$ )	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	284,99	281,97
Menuiserie en métal	286,81	283,78

$$D_{réf} = 324,19 \text{ [W/°C]}$$

Selon le D.T.R C3.2, la vérification se fait comme suit :

$$D_T \leq 1,05 \cdot D_{réf} = 340,40 \text{ [W/°C]}$$

**Puissance de chauffage:**

$$D_R = 232,12 \text{ [W/°C]}$$

$Q = 15[1,20 D_T + 1,05 D_R]$ [W]	Vitrage simple	Vitrage double
Menuiserie en bois	8785,71	8731,35
Menuiserie en métal	8818,47	8763,93

## **Bibliographie**

- [1] **CGS : DTR-B.C.2.2** : « charges permanentes et d'exploitation ». 32 pages
- [2] **CGS : D.T.R-B.C.3.2** : « Réglementation thermique des bâtiments d'habitation ». Règles de calcul des déperditions calorifiques. 73 pages
- [3] **CGS : D.T.R-B.C.2.48** : « Règles Parasismique Algériennes version 2003 ». 115 pages
- [4] **BAEL91** « béton armé aux états limites » 246 pages
- [7] **APRUE** : Les consommations énergétiques dans le bâtiment.
- [8] [WWW.EFFINERGIE.FR](http://WWW.EFFINERGIE.FR)
- [9] [WWW.EDF.FR](http://WWW.EDF.FR)
- [9] **ADEME : RT2000 /RT2005** : Réglementation thermique en France.
- [10] [WWW.REME.FR](http://WWW.REME.FR) : Les isolants du Maghreb.
- [11] : **Mr BOUTEMEUR**. Cours de béton 4<sup>e</sup> année Génie Civil
- [12] : **Mme CHIKH** Cours de bâtiment 3<sup>e</sup> année Génie Civil
- [13] : **Mr BALI** Cours de MDC 3<sup>e</sup> année Génie Civil

## **Logiciels**

- [1] : **ETABS V9.7.2**
- [2] : **AUTOCAD 2010**
- [3] : **SOCOTEC Flexi**
- [4] : **RDM6**
- [5] : **COMFIE**