



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université d'Ain-Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil & Travaux Publics

Mémoire pour l'Obtention du Diplôme de Master en

Filière : **GENIE CIVIL**
Spécialité : **STRUCTURES**

Thème :

**ETUDE DES PERFORMANCES MECANQUES ET ENERGETIQUES D'UN
BATIMENT A USAGE MULTIPLES IMPLANTÉ A AIN-TEMOUCHENT**

PRESENTE PAR :

Mr. Lewis SALIPAKO

Mme. Melissa NINSIIMA

Soutenu le : 21 Juin, 2023.

DEVANT LE JURY COMPOSE DE :

Président (e) : Dr. KAMECHE Zine El Abidine

Examineur : Dr. TAHAR BERRABAH Amina

Encadreur : Dr. MAROUF Hafida

Co - Encadreur : Prof. MOKHTARI Abderahemane Mejedoub

Année Universitaire 2022/2023

DEDICACES

J'ai dédié ce travail avec joie et plaisir :

En premier lieu, à ma chérie sœur **Mulemba** et son mari **Isaac** (Mr and Mrs **HAMAYOBE**) et mon oncle **Chinyama MULELA** qui m'ont toujours encouragé et soutenue, orienté et conseillé dans mes études jusqu'à ce jour et qui, nul doute, vont continuer à le faire.

Aux autres personnes qui m'ont aidé et couragée, qui ont été toujours à mes côtés et qui m'ont accompagné durant mon parcours Universitaire, mes membres de famille, mes amis proches et finalement à ma binôme **Melissa**.

Et d'une manière générale à tout le monde qui m'est proche et que je n'aurais involontairement pas cité.

Lewis SALIPAKO

DEDICACES

Le Créateur, le Plus Miséricordieux, le Plus Miséricordieux pour m'avoir aidé dans ma vie jusqu'à présent. Je dédie ce mémoire de master à :

À Mes très chers parents **Mpuga Andrea** et **Nakyanzi Margaret** : Aucun hommage ne peut exprimer adéquatement ma gratitude pour les sacrifices que vous avez faits pour moi. Je tiens à vous remercier pour votre amour et votre soutien depuis que je suis jeune, et je prie pour que vos bénédictions soient toujours avec moi. Que le Dieu Très-Haut vous accorde longue vie, bonne santé et bonheur, et veille à ce que je ne vous décevrai jamais.

À mes chères sœurs et mon frère : **Hilda, Immaculate, Phillip** et **Anitah**, Vous avez toujours été là pour moi. Et savoir à quel point tu m'admires m'a permis de continuer plus fort à chaque fois.

À mon binôme, **Lewis**, pour tout le dévouement, le travail acharné et les encouragements de tous les instants.

A tous mes amis et collègues, pour tout leur soutien et leurs souvenirs, et sans oublier tous ceux qui ont contribué à ma vie scolaire

NINSIIMA Melissa

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous remercions DIEU le tout puissant

De nous avoir permis d'accomplir ce travail qui présente le fruit de plus plusieurs années de sacrifice. En seconde, nos chers parents de nous avoir aidé pour arriver au terme de ce travail qui est le fruit de long cursus.

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercions nos encadreurs Dr. **MAROUF Hafida** (Chef de département génie civil UAT) et Prof. **MOKHTARI Abderrahmane Mejedoub** (Département génie civil l'USTO) qui sont le bon exemple dans le travail et surtout pour la sollicitude avec auxquels ils ont suivi notre travail.

Nous remercions aussi tous les membres de jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner notre travail Dr. KAMECHE Zine El Abidine et Dr. TAHAR BERRABAH Amina.

A Mr. **KADDOUR Hakim** et Mr. **BENACER Hamid**.

Les remerciements seraient incomplets sans eux, les plus sincères adressés à tous les enseignants département Génie Civil et Travaux Publics qui ont contribué à notre formation.

Toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire qu'elle trouve ici l'expression de nos profonds sentiments.

ملخص:

كجزء من مشروع نهاية الدراسة ماستر 2 هياكل هندسة مدنية، تقدم هذه الأطروحة دراسة هيكل ومغلف مبنى متعدد الأغراض ، يقع في مدينة عين تموشنت. يقدم الجزء الأول دراسة الهيكل الذي يسمح بتحسين المقاومة واستقرار الوحدة $R + 8$ من نوع ، مما يجعل من "ETABS" فيما يتعلق بقواعد الزلازل الجزائرية المعمول بها. تتم النمذجة الديناميكية للهيكل في بيئة برنامج الممكن تحليل العديد من الاعدادات التي لها تأثير على سلوك الهيكل. النتائج التي تم الحصول عليها تبرر جودة الهيكل وأدائه الميكانيكي.

الذي يحسب الخسائر الحرارية "RETA" في الجزء الثاني يتم تقديم الدراسة الحرارية لمغلفها. إنه مصنوع باستخدام برنامج DTR-C.3-2 و DTR-C.3-4 في الشتاء والأحمال الحرارية في الصيف في ظل الظروف الأساسية ووفقًا للوائح الحرارية السارية. النتائج التي تم الحصول عليها تحققت من التوافق مع رأي اللوائح التي أثبتت. جعلت نتائج حساب احتياجات التدفئة من الممكن تحليل كفاءة طاقة المبنى.

الكلمات الدالة: البناء ، الهيكل ، الغلاف الحراري ، RETA ، كفاءة الطاقة ، التحسين

ABSTRACT:

As part of the Master 2 Civil Engineering structure end-of-cycle project, this thesis presents the study of the structure and envelope of a multi-use R+8 type building, located in the town of Ain-Temouchent. The first part presents the study of structure allowing to optimize the resistance and the stability of the unit in the respect of the Algerian seismic rules in force. The dynamic modelling of the structure is done under the environment of the « ETABS » software, thus making it possible to analyse several parameters which have an impact on the behaviour of the structure. The results obtained justify the quality of the structure and its mechanical performance.

In the second part the thermal study of its envelope is presented. It is carried out using the « RETA » software which calculates the thermal losses in winter and the thermal gains in summer under the basic conditions and in compliance with the thermal regulations DTR-C.3-2 and DTR-C.3-4 in force. The results obtained verified the conformity with the opinion of the regulations raised. The results of the calculation of the heating needs made it possible to analyse the energy efficiency of the building.

Keywords: Building, Structure, Thermal envelope, RETA, energy efficiency, Optimisation

RESUME :

Dans le cadre du projet de fin de cycle Master2 Génie Civil Structure, est présenté dans ce mémoire l'étude de structure et de l'enveloppe d'un bâtiment de type R+8 à usage multiples, implanté dans la ville d'Ain-Temouchent. Dans la première partie est présentée l'étude de structure permettant d'optimiser la résistance et la stabilité de l'ensemble dans le respect des règles algériennes parasismiques en vigueur. La modélisation dynamique de la structure est faite sous l'environnement du logiciel « ETABS » permettant ainsi d'analyser plusieurs paramètres qui ont un impact sur le comportement de la structure. Les résultats obtenus justifient la qualité de la structure et sa performance mécanique.

Dans la seconde partie l'étude thermique de son enveloppe est présentée. Elle est faite en utilisant le logiciel « RETA » qui calcule les déperditions thermiques en hiver et les charges thermiques en été dans les conditions de base et sous le respect des réglementations thermiques DTR-C.3-2 et DTR-C.3-4 en vigueur. Les résultats obtenus ont vérifié la conformité vis avis des réglementations suscitées. Les résultats de calcul des besoins de chauffage ont permis d'analyser l'efficacité énergétique du bâtiment.

Mots-clés : Bâtiment, Structure, Enveloppe thermique, RETA, efficacité énergétique, Optimisation

SOMMAIRE

DEDICACES.....	i
DEDICACES.....	ii
REMERCIEMENTS	iii
ملخص:.....	iv
ABSTRACT:	v
RESUME :	vi
SOMMAIRE	vii
LISTE DE FIGURES:	xii
LISTE DE TABLEAUX:.....	xiv
LISTE DES SYMBOLES ET NOTATIONS :	xvii
INTRODUCTION GENERALE:.....	1
Chapitre 1 DESCRIPTION DE PROJET D’ETUDE.....	3
1.1 INTRODUCTION	3
1.2 PRESENTATION DE L’OUVRAGE :.....	3
1.2.1 Introduction :.....	3
1.2.2 Implantation de projet	4
1.2.3 Caractéristiques géométriques :	5
1.2.4 Choix du système de contreventement :.....	8
1.2.5 Règlements et normes utilisés :	8
1.3 DESCRIPTION D’ENVELOPPE.....	8
1.3.1 L’orientation.....	10
1.3.2 Donnée technique	10
1.3.3 Conditions externes.....	10
1.3.4 Données de chauffage, climatisation et renouvellement d’air	11
1.3.5 Présentation des différents éléments constructifs d’enveloppe :	12
1.4 CONCLUSION	14

Chapitre 2 LES GENERALITES SUR LA STRUCTURE ET LA THERMIQUE DE BATIMENT	15
2.1 INTRODUCTION	15
2.5 ETUDE THERMIQUE DU BATIMENT	22
2.6 REGLEMENTATION THERMIQUE ALGERIENNE	23
2.6.1 Vérification d'hiver (DTR C3-2)	23
2.6.2 Vérification d'été (DTR C3-4)	24
2.6.3 Déperditions calorifiques (Fascicule 1 DTR C3-2)	24
2.6.4 Apports calorifiques (fascicule 1 DTR C3-4)	25
2.7 EFFICACITE ENERGETIQUE.....	25
2.7.1 L'efficacité énergétique passive :	26
2.7.2 L'efficacité énergétique active :	27
2.8 ENVELOPPE.....	27
2.8.1 Les données de l'enveloppe du bâtiment :	27
2.9 MATERIAUX DE CONSTRUCTION UTILISES :	28
2.9.1 Briques Creuses	28
2.9.2 Béton Armé	28
2.9.3 Polystyrène expansé	28
2.9.4 Mortier de ciment	29
2.10 CONFORMITE DU BATIMENT	29
2.10.1 Confort thermique :	30
2.10.2 Le confort visuel	31
2.10.3 Le confort acoustique.....	31
2.10.4 Le confort olfactif et la qualité de l'air intérieur.....	31
2.11 CONSOMMATION D'ENERGIE.....	31
2.11.1 Consommation nationale d'énergie :	32
2.11.2 Evolution de la consommation par secteur d'activité :	32
2.12 ETIQUETTE (ENERGETIQUE) DU BATIMENT.....	34

2.12.1	Bâtiment Passif.....	35
2.12.2	Bâtiment à zéro énergie	35
2.12.3	Bâtiment a énergie positive	35
2.13	NOTIONS DE CLIMAT :	35
2.13.1	Les zones climatiques en Algérie :[23]	36
2.14	MODES DE TRANSFERT DE CHALEUR DANS LE BATIMENT :.....	37
2.14.1	Conduction	37
2.14.2	Convection.....	38
2.14.3	Rayonnement	38
2.15	NOTIONS DE GRANDEURS THERMIQUES :	39
2.15.1	Chaleur sensible et chaleur latente :	39
2.15.2	Flux de chaleur Φ , en W/m^2 :	40
2.15.3	Conductivité thermique λ , en $W/ (m.K)$:	40
2.15.4	Resistance thermique R, en $m^2.K/W$:	40
2.15.5	Resistance Superficielles d'une paroi R_{si} et R_{se} en $m^2.K/W$:	41
2.15.6	Facteur d'absorption, α :	41
2.15.7	Apports calorifiques :	41
2.15.8	Déperditions Thermiques :	42
2.15.9	Ponts thermiques :	43
2.15.10	Système de chauffage.....	43
2.15.11	Conclusion	44
Chapitre 3 ETUDE DE LA STRUCTURE DE BATIMENT		45
3.1	INTRODUCTION	45
3.2	PREDIMENSIONNEMENT ET EVALUATION DESCENTE DES CHARGES.....	45
3.2.1	Introduction :.....	45
3.2.2	Prédimensionnement des éléments structuraux :.....	45
3.2.3	Plancher en Dalle Pleine :	46
3.2.4	Dalle Ascenseur :	47

3.2.5	Prédimensionnement des Voiles :	49
3.2.6	LES ESCALIERS :	50
3.3	EVALUATION ET DESCENTE DES CHARGES.....	52
3.3.1	Introduction :	52
3.3.2	La loi de dégression (DTR -BC 2-2).....	52
3.3.3	Les charges réglementaires :	53
3.3.4	Evaluation des charges :	53
3.4	MODELISATION DE LA STRUCTURE	59
3.4.1	Introduction :	59
3.4.2	Calcul de Facteur de qualité Q.....	59
3.4.3	Vérification et justification d'ensemble :	61
3.4.4	Calcul des déplacements et Justification vis à vis des déformations	67
3.4.5	Justification des ouvrages de fondation :	68
3.4.6	Justification de la largeur des joints sismiques :	71
3.5	CONCLUSION	71
Chapitre 4 ETUDE DE LA THERMIQUE DE BATIMENT		72
4.1	INTRODUCTION	72
4.2	PRESENTATION DU LOGICIEL	72
4.2.1	Introduction.....	72
4.2.2	Logiciel RETA ;.....	72
4.2.3	Structuration de RETA	73
4.3	Calculs des déperditions calorifiques et des apports calorifiques	75
4.3.1	Enveloppe : APPARTEMENT F4 (1er Etage)	75
4.3.2	Calcul des déperditions thermiques totales et de références.....	76
4.3.3	Calcul des apports calorifiques totaux et de références	76
4.3.4	Enveloppe : APPARTEMENT F4 (4ème Etage).....	77
4.3.5	Calcul des déperditions thermiques totales et de références.....	77
4.3.6	Calcul des apports calorifiques totaux et de références	78

4.3.7	Enveloppe : APPARTEMENT F4 (8ème Etage).....	79
4.3.8	Calcul des déperditions thermiques totales et de références de 8eme étage.....	79
4.3.9	Calcul des apports calorifiques totaux et de références d'enveloppe de 8ème étage	80
4.3.10	Vérifications réglementaires.....	80
4.3.11	Echanges Thermiques par transmission.....	81
4.3.12	Dimensionnement.....	81
4.3.13	Résumé de calcul :.....	81
4.4	BESOINS ENERGETIQUES ANNUELLES DE CHAUFFAGE	83
4.4.1	Notion de degré jours (DJU)	83
4.4.2	Méthodologie	83
4.4.3	Détermination des besoins énergétiques de chauffage ;.....	85
4.5	Classification de bâtiment selon l'étiquette du bâtiment	87
4.5.1	Indice de consommation ;.....	87
4.6	ENERGETIQUES DE CHAUFFAGE DANS LE BATIMENT :.....	88
4.6.1	Introduction :.....	88
4.6.2	Chauffage Centrale à Eau Chaude :	88
4.6.3	Conclusion	91
	CONCLUSION GENERALE :	92
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :	93

LISTE DE FIGURES:

Figure 1: Plan de situation du Projet	4
Figure 2 : Vue en plan de sous-sol.....	5
Figure 3 : Vue en plan de RDC.....	6
Figure 4 : Vue en plan des étages	6
Figure 5 : Vue en élévation.....	7
Figure 6: Limites des appartements F4 et F3	9
Figure 7: Vue en 3D de F4.....	10
Figure 8 : Coefficients pour le chauffage d'enveloppe	11
Figure 9 : Données de climatisation	11
Figure 10 : Données pour renouvellement d'air.....	12
Figure 11 : Diagramme parabole-rectangle des contraintes déformation d'un béton comprimé.....	18
Figure 12 : Diagramme contrainte-déformations de l'acier à l'ELU {Oussama Brahim, 2019}	20
Figure 13: Briques creuses[7].....	28
Figure 14: Polystyrène expansé[8]	29
Figure 15: Mortier de ciment[9]	29
Figure 16: Consommation finale par secteur[17]	33
Figure 17: structure de la consommation finale d'énergie par secteur d'activité[17].....	33
Figure 18: Classement énergétique[18].....	34
Figure 19: Emission de gaz[18].....	34
Figure 20: Cartes des zones Climatiques d'Algérie[24]	37
Figure 21: Illustration de transfert du chaleur conductif [26].....	38
Figure 22: Illustration de transfert de chaleur convectif[26]	38
Figure 23: Illustration de transfert de chaleur par rayonnement[26]	39
Figure 24: Flux de chaleur[26]	40
Figure 25: illustration de résistance superficielle[26]	41
Figure 26: Pertes d'énergie dans un bâtiment[33].....	43
Figure 27: Ponts Thermiques[34]	43
Figure 28 : Schéma de la dalle pleine {FORTAS El djouher et al, 2020}	47
Figure 29 : Schéma de composition d'un ascenseur {www.kone.fr}	48
Figure 30 : Schéma de coupe de voile en élévation	49

Figure 31 : Schéma simplifié d'escalier	51
Figure 32 : Schéma d'un acrotère.....	58
Figure 33 : Graph du spectre	62
Figure 34: Interface principale du logiciel RETA	72
Figure 35: Structure de RETA[35]	73
Figure 36: Courbe des variations des besoins énergétiques de chauffage.....	85
Figure 37 : Etiquette du bâtiment	88
Figure 38 : Emetteur de plancher chauffant et rafraichissant [42]	89
Figure 39 : Schéma simplifié d'une installation de chauffage à eau chaude [41]	90

LISTE DE TABLEAUX:

Tableau 1: Détail Surfacique de F4	9
Tableau 2:Donnees techniques d'enveloppe.....	10
Tableau 3:Donnees techniques	10
Tableau 4 : Conditions externes.....	10
Tableau 5 : Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure de voile 34cm	12
Tableau 6 : Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure de voile 24cm	12
Tableau 7 : Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure de mur double parois.....	13
Tableau 8:Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure de mur simple.....	13
Tableau 9 : Description de fenêtré	13
Tableau 10:Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure de plancher bas.....	13
Tableau 11: Composition de la porte extérieure	14
Tableau 12: Composition de la porte	14
Tableau 13:Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure de toiture	14
Tableau 14 : Valeur de la limite d'élastique garantie f_e	19
Tableau 15 : Dalle Pleine (DP1) = 20 cm	47
Tableau 16 : Dalle Pleine (DP2) = 15 cm.....	48
Tableau 17 : Epaisseur de paillasse des escaliers	52
Tableau 18 : Charges permanentes de dalle pleine d'épaisseur 20 cm.....	54
Tableau 19 : Charges permanentes de dalle pleine d'épaisseur 20 cm.....	55
Tableau 20 : Détermination de facteur de qualité Q.....	61
Tableau 21 : Calcul des paramètres sismiques	62
Tableau 22 : Justification vis-à-vis de diaphragmes.....	64
Tableau 23 : Justification vis-à-vis de diaphragmes.....	65
Tableau 24 : Justification vis-à-vis les forces sismiques	65
Tableau 25 : Augmentation des paramètres de la réponse.....	65
Tableau 26 : Estimation de la période fondamentale.....	65
Tableau 27 : justification vis-à-vis renversement par rapport XX.....	67
Tableau 28 : Justification vis-à-vis renversement par rapport YY	67
Tableau 29 : Justification vis-à-vis des déformations par rapport XX	68
Tableau 30 : Justification vis-à-vis des déformations par rapport YY	68
Tableau 31 : Justification vis-à-vis de l'équilibre d'ensemble XX	69
Tableau 32 : Justification vis-à-vis de l'équilibre d'ensemble XX	69

Tableau 33 : Les résultats des conditions de vérifications.....	69
Tableau 34 : Stabilité au glissement	70
Tableau 35 : Détermination des moments dans les poteaux	71
Tableau 36 : Détermination des moments dans les poutres.....	71
Tableau 37 : Justification de la largeur des joints sismiques	71
Tableau 38: Les surfaces, déperditions et les apportes des toitures.....	75
Tableau 39: Les surfaces, déperditions et les apportes des murs.....	75
Tableau 40: Les surfaces, déperditions et les apportes des fenêtres	75
Tableau 41: Les surfaces, déperditions et les apportes des portes.....	76
Tableau 42: Les surfaces, déperditions et les apportes des planchers	76
Tableau 43 : Synthèse des échanges thermiques en hiver	76
Tableau 44: Renouvellement et infiltration d'air en hiver.....	76
Tableau 45: Puissance de chauffage	76
Tableau 46 : Synthèse des échanges thermiques en été.....	77
Tableau 47:Renouvellement et infiltration d'air en été.....	77
Tableau 48: Puissance de climatisation	77
Tableau 49 : Les surfaces, déperditions et les apportes des planchers	77
Tableau 50 : Synthèse des échanges thermiques en hiver	78
Tableau 51 : Renouvellement et infiltration d'air en hiver	78
Tableau 52: Puissance de chauffage	78
Tableau 53 : Synthèse des échanges thermiques en été.....	78
Tableau 54 : Renouvellement et infiltration d'air en été.....	78
Tableau 55: Puissance de climatisation	78
Tableau 56 : Les surfaces, déperditions et les apportes des planchers	79
Tableau 57 : Les surfaces, déperditions et les apportes des planchers	79
Tableau 58 : Synthèse des échanges thermiques en hiver	79
Tableau 59 : Renouvellement et infiltration d'air en hiver	79
Tableau 60 : Puissance de chauffage	80
Tableau 61 : Synthèse des échanges thermiques en été.....	80
Tableau 62 : Renouvellement et infiltration d'air en été.....	80
Tableau 63 : Puissance de climatisation	80
Tableau 64: Conformité DTR.....	81
Tableau 65: Echanges thermiques par transmission	81
Tableau 66 : Puissance de chauffage et climatisation.....	81

Tableau 67 : Résumé de calcul d'enveloppe sur 1 ^{er} étage	82
Tableau 68 : Résumé de calcul d'enveloppe sur étage intermédiaire	82
Tableau 69 : Résumé de calcul d'enveloppe sur dernier étage	83
Tableau 70 : Valeurs de degré jours de chauffage	84
Tableau 71 : Besoins énergétique pour enveloppe F4	86
Tableau 72 : Besoins énergétique pour enveloppe F3	86
Tableau 73 : Besoins énergétique totales	87

LISTE DES SYMBOLES ET NOTATIONS :

- **A (ou A_s, A_t)** : Aire d'une section d'acier (longitudinal)
- **A** : Somme des aires des sections droites d'un cours d'armatures transversales
- **B** : Aire d'une section de béton
- **E_s** : Module de Young de l'acier
- **E_{ij}** : Module de Young instantané à l'âge de j jours
- **E_{vj}** : Module de Young diffère à l'âge de j jours
- **F** : Force ou action en général
- **I_1** : Moment d'inertie de la section homogénéisé par rapport au béton (ELS)
- **N_{ser}** : Effort normal de calcul de service
- **N_u** : Effort normal de calcul ultime
- **M_u** : Moment fléchissant de calcul ultime
- **M_{ser}** : Moment fléchissant de calcul de service
- **P** : Action permanente
- **Q** : Action d'exploitation
- **V_u** : Effort tranchant de calcul ultime
- **a** : Largeur d'un poteau ou d'un voile
- **b** : Largeur d'une poutre (table), d'un poteau
- **b_0** : Largeur de l'âme d'une poutre
- **d (et d_0)** : Position des armatures tendues (et comprimées) par rapport à la fibre la plus comprimée de la section de béton
- **e** : Excentricité de l'effort normal, Epaisseur d'une dalle
- **f_e** : Limite d'élasticité de l'acier
- **f_{cj}** : Résistance caractéristique à la compression du béton âge de j jours
- **f_{tj}** : Résistance caractéristique à la traction du béton âge de j jours
- **g** : Charge permanente unitaire
- **j** : Nombre de jours de maturité du béton
- **L** : Portée d'une poutre ou d'une dalle, hauteur d'un poteau
- **L_f** : Longueur de flambement.
- **n** : Coefficient d'équivalence acier-béton.
- **q** : Charge permanente unitaire.
- **ϵ_{st}** : Déformations des armatures tendues.

- ϵ_{sc} : Déformations des armatures comprimées.
- η : Coefficient de fissuration relatif à une armature (eta).
- λ : Elancement mécanique d'une pièce comprimée (lambda).
- μ_{ser} : Moment ultime réduit à l'ELS (mu).
- μ_u : Moment ultime réduit à l'ELU.
- ν : Coefficient de poisson (nu).
- ρ : Rapport de la section d'acier sur celle du béton (rho).
- σ : Contrainte normale (sigma).
- σ_{bc} : Contrainte maximale du béton comprime.
- σ_{st} : Contrainte dans les aciers tendus.
- σ_{sc} : Contrainte dans les aciers comprimés.
- τ : Contrainte tangente (tau).
- τ_u : Contrainte tangente conventionnelle.
- τ_s : Contrainte d'adhérence.
- ϕ : Coefficient de fluage (phi).
- **A** : Apports calorifiques (W)
- **AI** : Apports calorifiques internes (W)
- **APO** : Apports calorifiques par une paroi opaque (W)
- **AREN** : Apports calorifiques dus au renouvellement d'air (W)
- **AINF** : Apports calorifiques dus aux infiltrations d'air extérieur (W)
- **AT** : Apports calorifiques totaux (W)
- **AV** : Apports calorifiques à travers les parois vitrées (W)
- **AVE** : Apports par rayonnement solaire à travers les parois vitrées (W)
- **AVT** : Apports par transmission à travers les parois vitrées (W)
- **Alt** : Altitude (m)
- **A** : La surface intérieure de la paroi (m²)
- **C** : Capacité thermique massique
- **Cr** : est un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel.
- **Di** : représente les déperditions totales du volume « i » (W/°C)
- **DS** : Déperditions surfaciques (W/°C)
- **DT** : Déperditions totale (W)
- **DR** : Déperditions thermiques par renouvellement d'air (W/ °C)

- **(DT)_i** : Les déperditions par transmission du volume *i* (W/°C)
- **(DR)_i** : Les déperditions par renouvellement d'air du volume *i* (W/°C)
- **(Ds)_i** : Les déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur (W/°C)
- **(Dli)_i** : Les déperditions à travers les liaisons (W/°C)
- **(Dsol)_i** : Les déperditions à travers les parois en contact avec le sol (W/°C)
- **(Dlnc)_i** : Les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés (W/°C)
- **ECh** : Les besoins en énergie de chauffage (kWh)
- **NPVI** : représente le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure considérée(t)
- **Q** : La puissance de chauffage pour un logement (W)
- **Vinf** : Débit d'air dû aux infiltrations (m³/h)
- **Qv** : Débit volumique (m³/s)
- **Qv** : est le débit spécifique de ventilation (m³ /h)
- **Qs** : est le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent (m³ /h)
- **Qvréf** : désigne le débit extrait de référence (m³ /h)
- **R** : Résistance thermique (m²°C/W)
- **Si** : les surfaces des parois en contact avec l'extérieur(m²)
- **SV** : est la surface totale vitrée (m²)
- **SVens** : est la surface vitrée ensoleillée (m²)
- **Ti** : Température intérieure (°C)

INTRODUCTION GENERALE:

Ain Temouchent se trouve dans le nord-ouest de l'Algérie, une région sujette aux séismes. L'implantation d'un ouvrage quelconque dans cette région nécessite de prendre en considération plusieurs paramètres et les normes que l'ingénieur doit respecter comme : la zone de sismicité, type du sol, forme de la structure, le choix du système de contreventement etc. pour garantir la bonne réalisation des travaux car les structures en béton armé, en particulier les portiques, sont souvent endommagés lors de puissants tremblements de terre. L'ingénieur doit définir des qualités de matériaux, des dispositions constructives et les dimensions pour chaque élément de la structure qui permettent de limiter les déformations de celle-ci et qui permettent, si les secousses sont vraiment trop fortes, de contrôler leur endommagement en empêchant la rupture brutale et l'effondrement.

L'expérience a montré que la plupart des bâtiments endommagés au tremblement de terre d'Ain Temouchent du 22 Décembre 1999 n'étaient pas de conception parasismique. Pour cela, il y a lieu de respecter les normes et les recommandations parasismiques qui rigidifient convenablement la structure.

En outre, la deuxième partie de notre travail concerne l'efficacité énergétique de l'enveloppe étudiée. Le secteur du bâtiment est l'un des secteurs dont la consommation a un impact significatif sur la consommation globale d'énergie en Algérie ayant 42% de la consommation finale selon l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie [APRUE].

Le bâtiment constitue probablement l'un des défis majeurs pour les prochaines décennies, non seulement pour l'Algérie, mais pour l'ensemble des pays du monde. En effet, avec les changements climatiques, nous avons des hivers de plus en plus rudes et des étés de plus en plus chauds. L'enjeu aujourd'hui est à la fois de préserver et d'améliorer le confort des habitants et de réduire la consommation d'énergie par rapport, notamment au chauffage et à la climatisation.

Finalement, l'amélioration de la technologie dans le domaine du bâtiment et des matériaux d'isolation ont ouvert la voie à la création de bâtiments à la fois esthétiques et dotés d'une isolation thermique efficace. Cela a permis d'offrir un environnement de vie plus confortable tout en réduisant la consommation d'énergie et en proposant des composants de l'enveloppe plus efficaces des améliorations respectives d'une énergie du point de vue de l'efficacité.

La présentation de notre travail est scindée en quatre chapitres qui se présentent comme suit :

Le **premier chapitre**, qui est consacré pour la description de projet d'étude ; présentation de l'ouvrage et la description d'enveloppe. Il décrit le lieu, les différents éléments, les données techniques et climatiques de notre projet.

Le **deuxième chapitre** concerne les généralités sur la structure et la thermique de bâtiment. On fait un rappel sur les différents matériaux à utiliser, les différentes hypothèses, les notions concernant le confort thermique, l'efficacité énergétique etc.

Le **troisième chapitre** est d'étude de la structure de bâtiment ; il contient le prédimensionnement des éléments de structure, la descente des charges, la modélisation de la structure et l'étude dynamique par RETA, ainsi que les vérifications et justifications.

Le **quatrième et dernier chapitre** de ce travail est consacré à une étude thermique de bâtiment (d'enveloppe sur logiciel RETA). Il traite les paramètres influençant le confort thermique à l'intérieur du bâtiment, le calcul des déperditions de différent enveloppe, calcul de puissance de chauffage et climatisation, et le calcul des besoins énergétiques pour le chauffage et/ou le refroidissement à satisfaire. Ensuite on fait l'analyse de l'efficacité énergétique de bâtiment et la conception de système de chauffage.

Chapitre 1 : DESCRIPTION DE PROJET D'ETUDE

1.1 INTRODUCTION

Ce chapitre comprend la présentation de notre projet ; la description du bâtiment et l'enveloppe à étudier.

1.2 PRESENTATION DE L'OUVRAGE :

1.2.1 Introduction :

L'œuvre thème de notre étude est composée par un bloc logements type habitation dont l'implantation est prévue à la wilaya d'AIN TEMOUCHENT qui est considéré comme une zone de sismicité moyenne (ZONE IIa, selon le Règlement Parasismique Algérien 99 version 2003). La stabilité de l'édifice est assurée par un système de contreventement constitué par des voiles porteurs en béton armé.

Le bâtiment est composé de deux parties principales :

- **Superstructure**

Parties d'une construction située au-dessus du sol. Elle comporte deux types d'éléments :

- **Eléments non - structuraux :**

Eléments n'ayant pas de fonction porteuse ou de contreventement (cloisons, acrotères, balcon etc.)

- **Eléments structuraux :**

Elément principal : élément porteur faisant partie du système de contreventement (poteau, poutre, plancher, voile etc.)

Elément secondaire : élément porteur ne faisant pas partie du système de contreventement (acrotère, balcon etc...).

Autrement dit, on désigne par éléments principaux les éléments qui interviennent dans la résistance aux actions sismiques d'ensemble ou dans la distribution de ces actions au sein de l'ouvrage.

Les éléments structuraux n'apportant pas de contribution significative à la résistance aux actions sismiques d'ensemble ou à leur distribution peuvent être considérés comme éléments secondaires, à condition que leur résistance à ses actions soit effectivement négligée et qu'ils ne soient soumis du fait des déformations imposées qu'à des sollicitations négligeables vis-à-vis des sollicitations d'autre origine.

- **Infrastructure**

Ensemble constitué des éléments structuraux des sous-sols éventuels, et le système de fondations qui doivent former un ensemble résistant et rigide.

La conception est la phase la plus difficile dans l'élaboration d'un projet. Pour les bâtiments, c'est elle qui permet de fixer la nature et le type d'ouvrage le plus économique, capable de satisfaire le mieux possible à toutes les conditions imposées, il faut pour cela connaître l'ensemble des contraintes à respecter et les types d'ouvrages qui peuvent être envisagés.

On retient les solutions qui apparaissent à première vue comme les meilleures et qui feront ensuite l'objet d'une étude plus approfondis.

Cette opération fait appel aux connaissances de l'ingénieur et son expérience, et ne peut être automatisée à cause de la variété et la complexité des problèmes à résoudre, et l'évolution incessante des types d'ouvrage.

La conception d'un bâtiment a de nombreux paramètres particulièrement liés au site, à l'urbanisme, au pays, et d'autres données.

1.2.2 Implantation de projet

Le projet se situe dans la partie sud de la ville. Il est délimité au nord part une voie et une tour en R+9 (SARL TOUNSI), la sureté et la protection civil, à l'ouest par une voie et PME, à l'est et sud par des habitations individuelles.

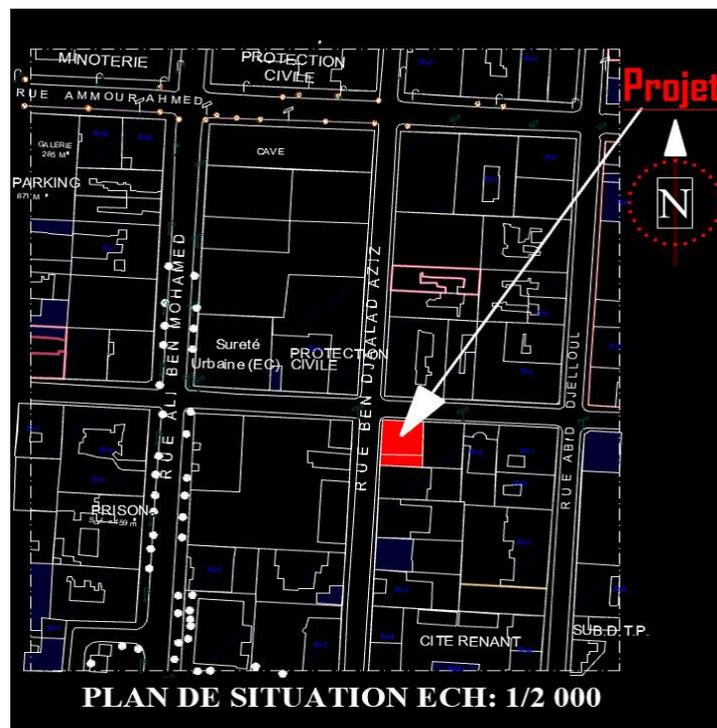


Figure 1: Plan de situation du Projet

1.2.3 Caractéristiques géométriques :

Cette étude se fera en considérant les paramètres suivants :

- Contrainte admissible du sol $\sigma_s = 1,4$ bars.
- Largeur en plan ----- 13,80 m
- Longueur en plan ----- 16,88 m
- Hauteur du RDC ----- 3,40 m
- Hauteur étage courant ----- 3,06 m
- Hauteur totale ----- 31,96 m
- Encage des semelles ----- 1.50m.

1.1.1 Description du bâtiment :

La bâtisse est composée de « 08 » étages identiques à usage d'habitation et un rez de chaussée à usage commercial plus un sous-sol

Les plans :

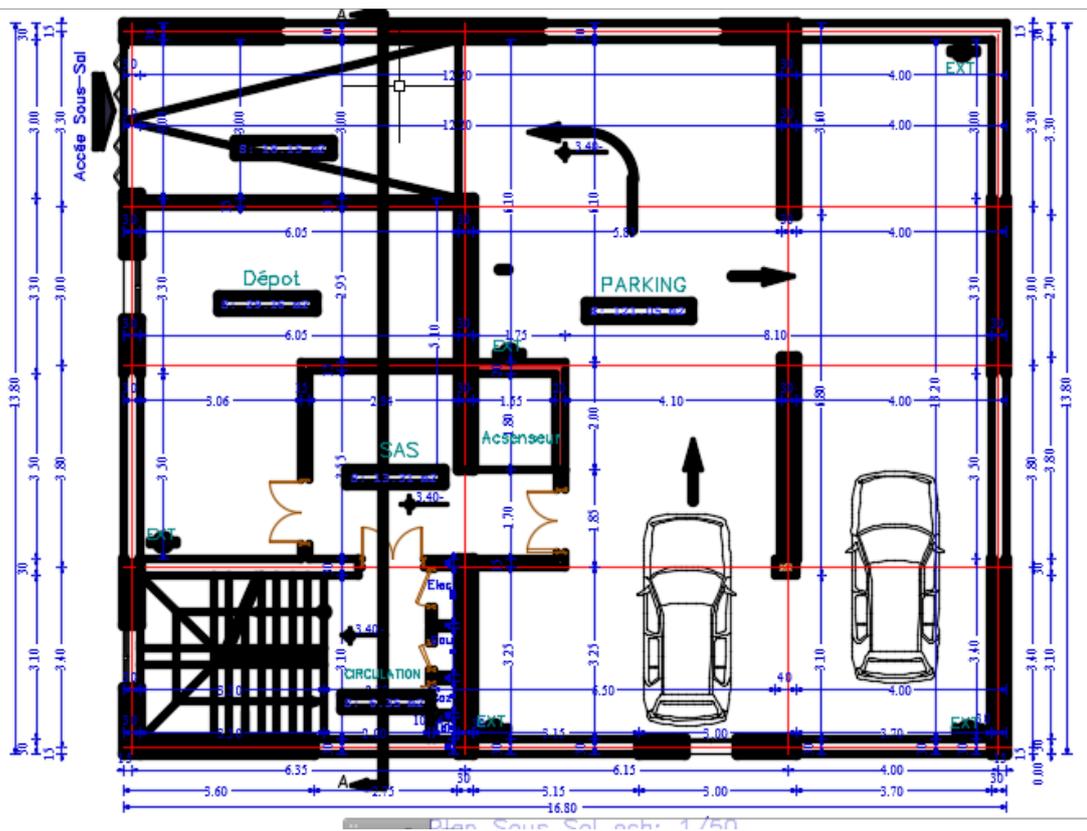


Figure 2 : Vue en plan de sous-sol

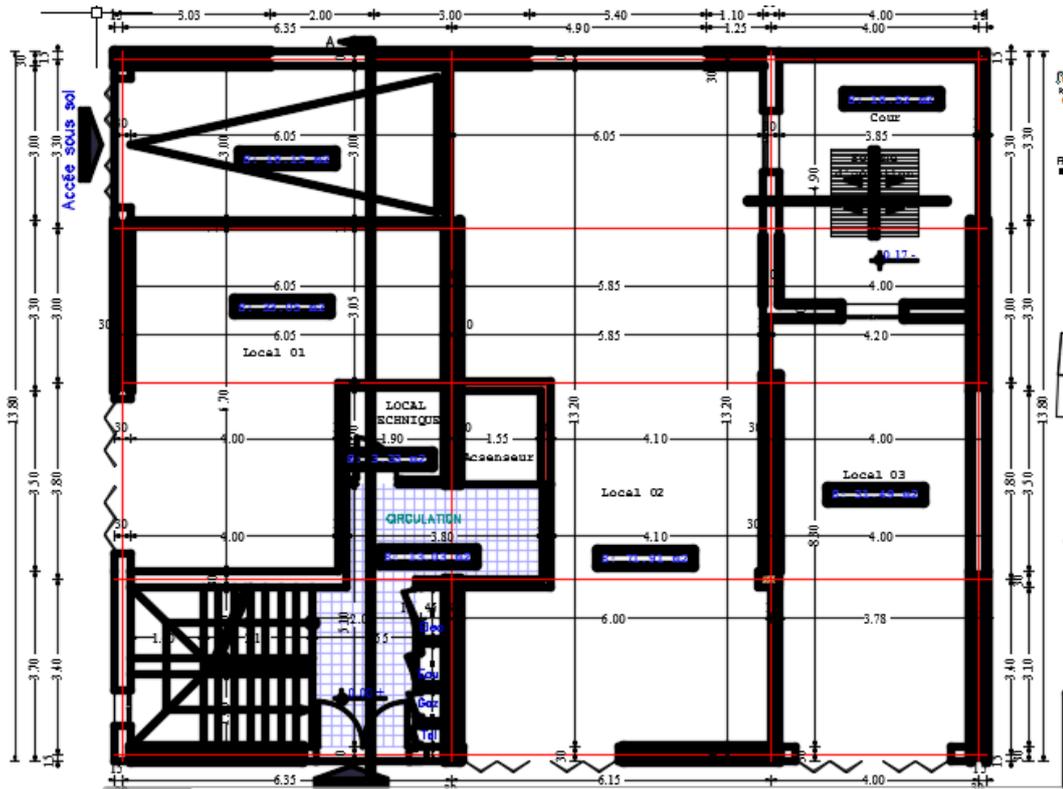


Figure 3 : Vue en plan de RDC

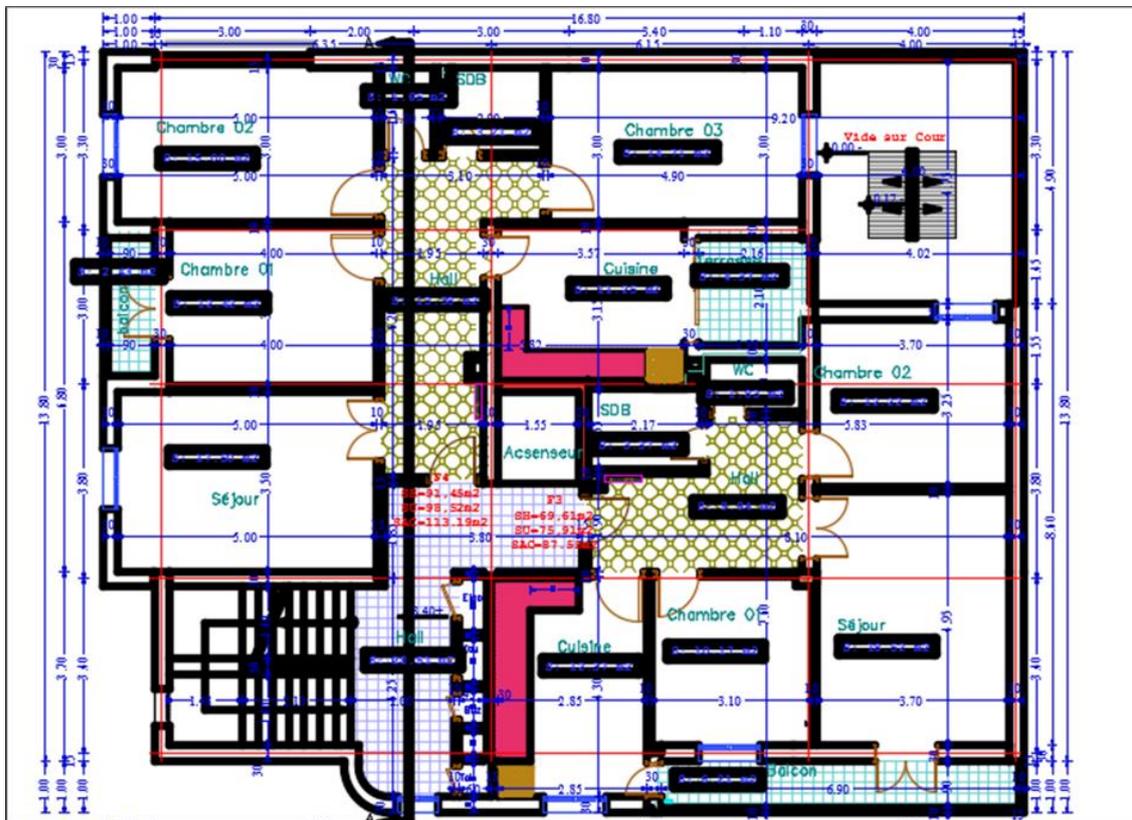


Figure 4 : Vue en plan des étages

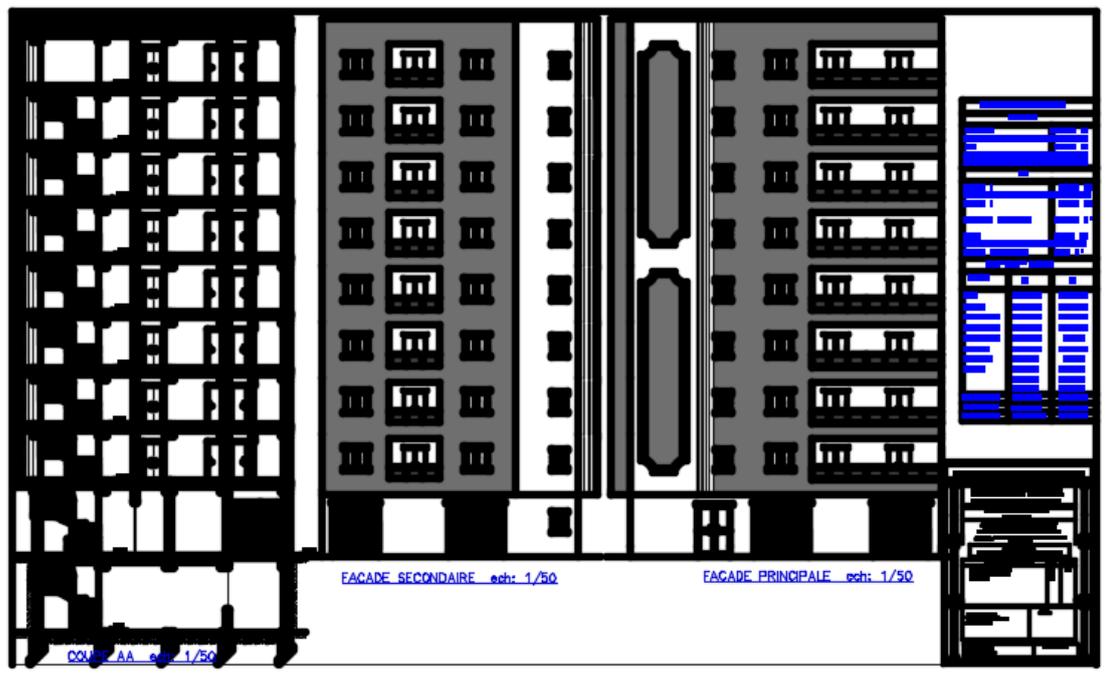


Figure 5 : Vue en élévation

➤ **Ossature et système de contreventement :**

Le contreventement du bâtiment est assuré par des voiles en béton armé suivant les deux sens et lui assurant une stabilité vis-à-vis des charges horizontale et verticale, ce qui lui confère une grande rigidité à la flexion et à la torsion.

➤ **Fondation :**

Le système de fondation est constitué par un radier général.

➤ **Plancher :**

-Le type de plancher a adopté pour tous les niveaux est celui des planchers en dalle pleines.

➤ **Escaliers :**

-Les escaliers sont à paillasse adjacente comprenant deux paillasses et un palier intermédiaire.

➤ **Revêtement :**

-Carrelage pour les planchers et les escaliers.

-Mortier de ciment pour les murs extérieurs.

-Enduit de plâtre pour les plafonds et les murs intérieurs.

➤ **Maçonnerie :**

La maçonnerie du siège est réalisée en briques creuses :

- Murs extérieurs : constitués d'une double paroi en briques (celle de l'intérieur de **10cm** d'épaisseur et celle de l'extérieur est **15cm** d'épaisseur) séparées par une âme d'air de **5cm** d'épaisseur pour l'isolation thermique et phonique.
- Murs intérieurs : (cloison de séparation) constitué par une seule paroi de briques de 10cm d'épaisseur

➤ **Acrotère :**

C'est un élément en béton armées il entoure les extrémités du dernier niveau (terrasse) encastré a sa base au plancher.

1.2.4 Choix du système de contreventement :

La stabilité de l'édifice est assurée par un system de contreventement constitué par des voiles porteurs en béton armé.

1.2.5 Règlements et normes utilises :

Notre étude sera faite conformément aux règlements suivants :

- CBA 93 (Code de Béton Armé)
- BAEL modifié 91 (Béton Armé Aux Etats Limites)
- DTR BC 2.2 (Document Technique Règlementaire Charges et Surcharges)
- RPA 99 version 2003 (Règlement Parasismique Algérien)

1.3 DESCRIPTION D'ENVELOPPE

Dans le cadre de ce projet, nous allons étudier une partie de bâtiment (premier étage jusqu'au dernier étage) à usage d'habitation.

Ce bâtiment présente une superficie d'environ 232.944 m². Sur chaque niveau, il est composé d'un espace commun de circulation (cage d'escalier et ascenseur) et de deux logements type F4 et F3.

Pour notre cas, nous avons considéré tout un appartement comme une seule pièce.

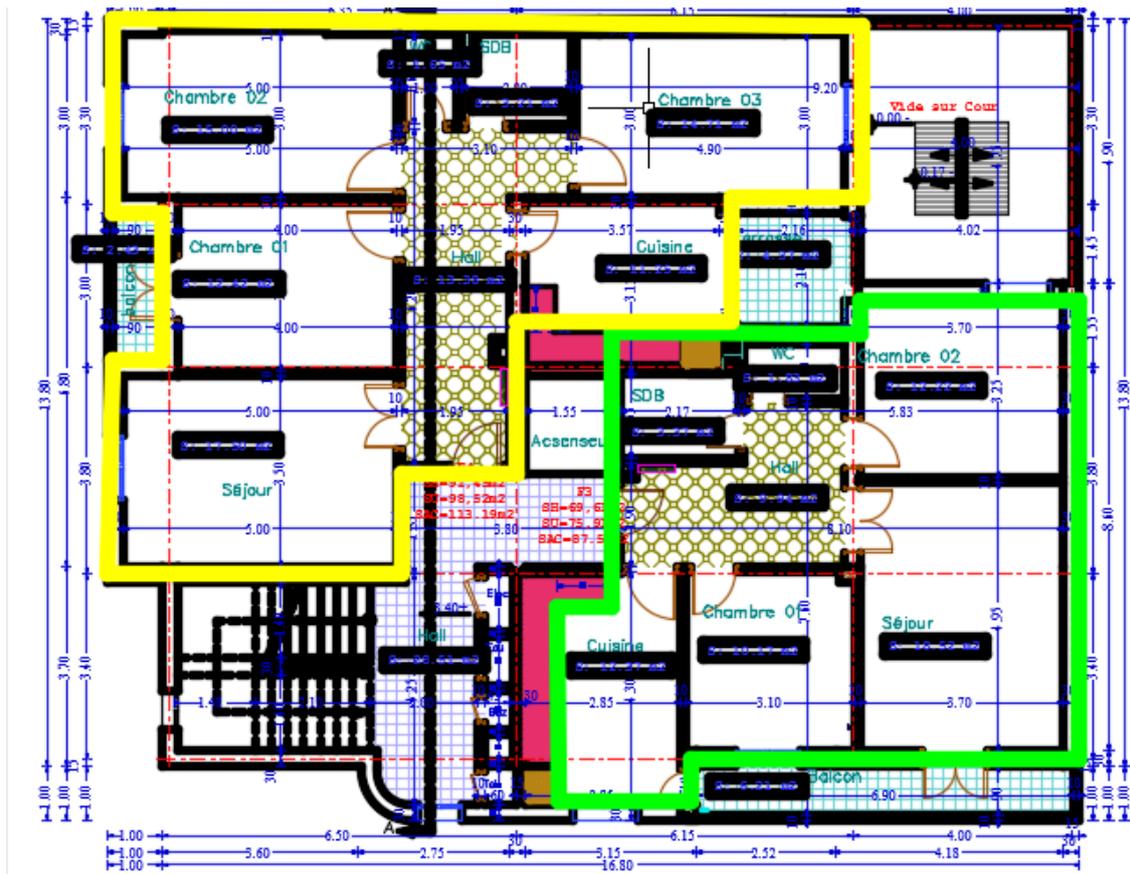


Figure 6: Limites des appartements F4 et F3

Pour notre étude de cas, nous allons nous concentrer sur l'appartement F4, le plus critique et nous ferons trois variantes ; au premier étage, un étage intermédiaire et le dernier étage.

Espaces	Surface (m ²)
Séjour	17.50
Chambre 1	12.42
Chambre 2	15.00
Chambre 3	14.80
Cuisine	11.34
Hall	13.38
Salle de bain + WC	4.86
Balcons (2)	6.8
TOTAL	96.1

Tableau 1: Détail Surfaccique de F4



Figure 7: Vue en 3D de F4

1.3.1 L'orientation

La maison étudiée se trouvant à la commune d'Ain Temouchent. Dans la ville, l'axe de façade principale orientée vers l'Ouest.

1.3.2 Donnée technique

Les données techniques de cette enveloppe sont exposées ci-dessous :

Localisation	Altitude	Latitude	Zone Thermique Hiver	Zone Thermique Eté
Sud de la ville	250 m	35 °	A	A

Tableau 2:Donnees techniques d'enveloppe

Volume Brut	Volume Net	Usage		
274 m3	219 m3	Habitation	Immeuble collectif	Confort Normal

Temps de fonctionnement (climatisation)	Temp. interne Hiver	Temp. interne Eté	
12 H	21°		27°

Tableau 3:Donnees techniques

1.3.3 Conditions externes

Conditions externes

Temp. externe en hiver	Temp. externe en été	Humidité spécifique	Ecart diurne
3°	34 °	15	9

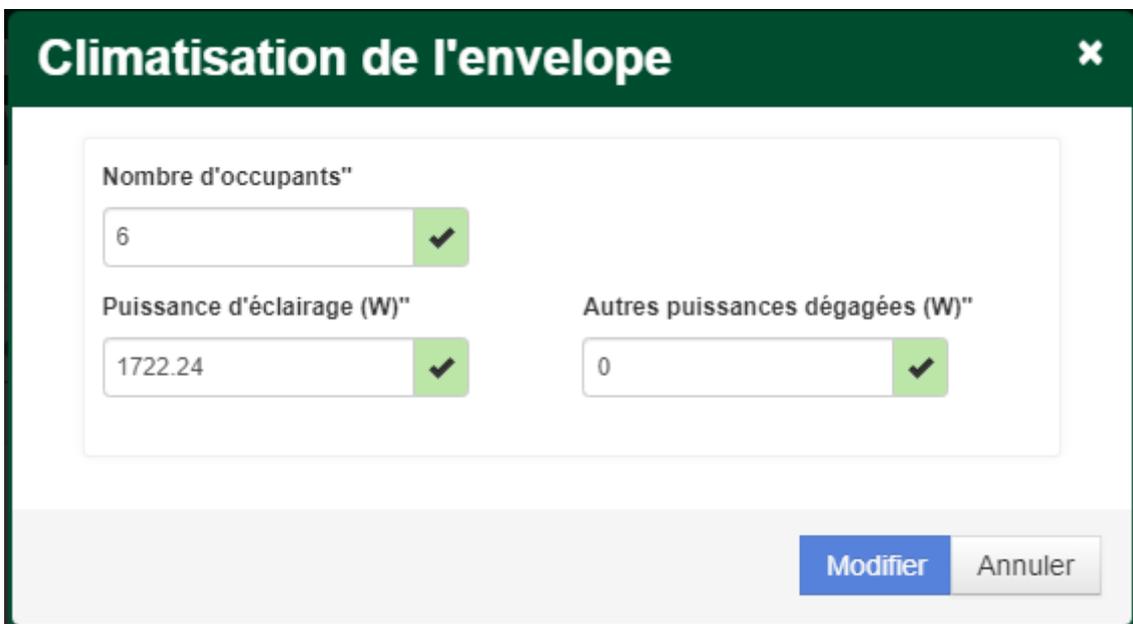
Tableau 4 : Conditions externes

1.3.4 Données de chauffage, climatisation et renouvellement d'air



The screenshot shows a form titled "Chauffage de l'enveloppe" with a close button (X) in the top right corner. It contains two dropdown menus, each with a green checkmark icon to its right. The first dropdown is labeled "Cin : Coefficient de surpuissance" and has "Chauffage continu" selected. The second dropdown is labeled "Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel" and has "Chauffage central avec tuyauterie non calorifugée" selected. At the bottom right, there are two buttons: "Modifier" (highlighted in blue) and "Annuler" (greyed out).

Figure 8 : Coefficients pour le chauffage d'enveloppe



The screenshot shows a form titled "Climatisation de l'enveloppe" with a close button (X) in the top right corner. It contains three input fields, each with a green checkmark icon to its right. The first field is labeled "Nombre d'occupants" and contains the value "6". The second field is labeled "Puissance d'éclairage (W)" and contains the value "1722.24". The third field is labeled "Autres puissances dégagées (W)" and contains the value "0". At the bottom right, there are two buttons: "Modifier" (highlighted in blue) and "Annuler" (greyed out).

Figure 9 : Données de climatisation

Renouvellement d'air ✕

Volume d'air net de l'enveloppe

Nombre de "Pièce principale"

Nombre de "Cuisine"

Nombre de "Salle de bains"

Nombre de "Cabinet d'aisance"

Nombre de "Autre salle d'eau"

Figure 10 : Données pour renouvellement d'air

1.3.5 Présentation des différents éléments constructifs d'enveloppe :

Les matériaux de constructions constituant l'enveloppe du bâtiment sont :

- Les voiles en béton armé ;

Voiles d'épaisseur 30 cm avec une couche de 4 cm d'une couche d'isolant de polystyrène expansé.

Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. λ
0 - Polystyrène expansé	0,04 m	0,8696 (m ² .°C)/W	0,3600	0,0460 W/m.°C
1 - Béton plein	0,30 m	0,1714 (m ² .°C)/W	660,0000	1,7500 W/m.°C
Total	0,3400 m	1,0410 (m ² .°C)/W	660,0000	

Tableau 5 : Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure de voile 34cm

Voiles d'épaisseur 20cm avec une couche de 4 cm d'une couche d'isolant de polystyrène expansé.

Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. λ
0 - Polystyrène expansé	0,04 m	0,8696 (m ² .°C)/W	0,3600	0,0460 W/m.°C
1 - Béton plein	0,20 m	0,1143 (m ² .°C)/W	440,0000	1,7500 W/m.°C
Total	0,2400 m	0,9839 (m ² .°C)/W	440,0000	

Tableau 6 : Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure de voile 24cm

- Les murs ;

Mur extérieur (double parois) est constitué d'une couche d'enduit en ciment (20mm) par le coté extérieur et intérieur, de deux parois de brique creuse en terre cuite d'épaisseur 15cm et 10cm séparé par une lame d'air (50mm) au milieu du mur.

Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. λ
0 - Mortier de ciment	0,02 m	0,0143 (m ² .°C)/W	44,0000	1,4000 W/m.°C
1 - Brique creuse	0,15 m	0,3125 (m ² .°C)/W	135,0000	0,4800 W/m.°C
2 - Lame d'air pour mur de 24 à 50 mm	0,05 m	0,1600 (m ² .°C)/W	0,0000	0,0000 W/m.°C
3 - Brique creuse	0,10 m	0,2083 (m ² .°C)/W	90,0000	0,4800 W/m.°C
4 - Mortier de ciment	0,02 m	0,0143 (m ² .°C)/W	44,0000	1,4000 W/m.°C
Total	0,3400 m	0,7094 (m ² .°C)/W	313,0000	

Tableau 7 : Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure de mur double parois

Mur intérieur (simple) est constitué d'une couche d'enduit en ciment (20mm) par le coté extérieur et intérieur, de deux parois de brique creuse en terre cuite d'épaisseur 15cm.

Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. λ
0 - Mortier de ciment	0,02 m	0,0143 (m ² .°C)/W	44,0000	1,4000 W/m.°C
1 - Brique creuse	0,15 m	0,3125 (m ² .°C)/W	135,0000	0,4800 W/m.°C
2 - Mortier de ciment	0,02 m	0,0143 (m ² .°C)/W	44,0000	1,4000 W/m.°C
Total	0,1900 m	0,3411 (m ² .°C)/W	223,0000	

Tableau 8:Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure de mur simple

- Fenêtres en bois double vitrage

Description	KVn	Hauteur moyenne
Menuiserie en Bois / Vitrage Double / Epaisseur de la lame d'air 8 à 9	Hiver : 3,1000 W/m ² .°C / Eté : 3,0700 W/m ² .°C	1,2000 m

Tableau 9 : Description de fenêtre

- Plancher en dalle pleine d'épaisseur 20 cm et une couche de polystyrène expansé de 50mm.

Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. λ
0 - Polystyrène expansé	0,05 m	1,0870 (m ² .°C)/W	0,4500	0,0460 W/m.°C
1 - Béton plein	0,20 m	0,1143 (m ² .°C)/W	440,0000	1,7500 W/m.°C
Total	0,2500 m	1,2012 (m ² .°C)/W	440,0000	

Tableau 10:Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure de plancher bas

- Portes en bois.

Il existe deux types de portes ; les portes de l'extérieure et celles de l'intérieur.

Composition	K Hiver	K été
Porte en bois - Opaque	3,50 W/m ² .°C	3,47 W/m ² .°C

Tableau 11: Composition de la porte extérieure

Composition	K Hiver	K été
Porte en bois - Opaque	2,00 W/m ² .°C	1,99 W/m ² .°C

Tableau 12: Composition de la porte

- La toiture est horizontale avec une couche de gravier roulé. Cette toiture comporte aussi un isolant de 50 mm de polystyrène expansé.

Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. λ
Facteur d'absorption α : 0,80 (gravier)				
0 - Polystyrène expansé	0,05 m	1,0870 (m ² .°C)/W	0,4500	0,0460 W/m.°C
1 - Béton plein	0,20 m	0,1143 (m ² .°C)/W	440,0000	1,7500 W/m.°C
Total	0,2500 m	1,2012 (m ² .°C)/W	440,0000	

Tableau 13: Les compositions de l'extérieur vers l'intérieure de toiture

1.4 CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons parlé de votre projet et l'avons décrit en détail.

Chapitre 2 : LES GENERALITES SUR LA STRUCTURE ET LA THERMIQUE DE BATIMENT

2.1 INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous allons présenter des généralités dans les études de structure et les études thermiques.

2.2 CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX :

Les caractéristiques des matériaux utilisés dans la construction doivent être conformes aux règles techniques de construction et de calcul des ouvrages en béton armé et tous les règlements applicables en Algérie (RPA 99 version 2003 et CBA93) et le (BAEL91 révisé 99). Le béton armé se compose de béton et d'armatures. Béton ne représente pas une bonne résistance à la traction ou au cisaillement, l'acier offre une bonne résistance aux efforts de traction, de l'association de ces deux matériaux, il résulte un matériau composite dans lequel chacun répond au mieux aux sollicitations auxquelles il est soumis.

2.2.1 BETON :

Le béton est une roche artificielle obtenue par un mélange composé d'un liant (ciment), des granulats (sable et gravier) et de l'eau d'eau et éventuellement des produits d'addition (adjuvants). C'est le matériau de construction le plus utilisé au monde, que ce soit en bâtiment ou en travaux publics.

2.2.1.1 Composants du béton :

- **Le ciment** est un liant hydraulique composé de poudre fines qui on leur ajoute de l'eau, forment une pâte capable par hydratation de faire prise et duras en un temps plus long pour faire du béton ou du mortier, on utilise du ciment durcit progressivement en agglomérant les autres éléments d'un mortier ou d'un béton.
- **Les granulats** sont des matériaux inertes rentrant dans la composition des bétons, ils doivent requérir certaines propriétés. Ils ont classé en deux catégories ;
- **Les sables** proprement dits ont un diamètre compris entre 0,8 et 5 mm, ce qui insiste à les tester de préférence par l'essai dit « Equivalent de sable ».
- **Graviers** : produits naturels obtenus par criblage ou concassage de la roche dans les carrières agréées, ils se classent comme suit ;
 - 3/8 ; pour les chapes en béton
 - 8/15 ; pour béton armé de section moyenne
 - 15/25 ; pour béton de grande section

- **Eaux de gâchages** : elles doivent répondre à des qualités chimiques assurant l'intégrité du mélange, une analyse au laboratoire est nécessaire.
- **Les adjuvants** : sont des matériaux actifs ajoutés en très petite quantité dans le but d'influencer certaines propriétés par une action chimique ou physique. Ils ne doivent pas modifier défavorablement la durabilité du béton ou toute autre propriété du béton armé.

2.2.1.2 Préparation du béton :

On appelle dosage le poids du liant employé pour réaliser un mètre cube de béton.

La composition ordinaire pour un mètre cube du béton est :

- 350Kg/m³ de ciment CPA325
- 400 L de sable $D_g \leq 5\text{mm}$
- 800 L de gravillon $D_g \leq 25\text{ mm}$
- 210 L d'eau.

Il existe plusieurs méthodes de préparation basées sur la granulométrie parmi lesquelles la méthode de DREUX-GORISSE.

2.2.1.3 Caractéristiques physiques et mécaniques du béton :

- **La masse volumique** : La masse volumique des bétons est comprise entre 2200 et 2400 kg/m³. Cette masse volumique peut augmenter avec la modalité de mise en œuvre, en particulier avec la vibration.
- **Le retrait** : C'est la diminution de longueur d'un élément de béton. On peut l'assimiler à l'effet d'un abaissement de la température qui entraîne un raccourcissement.
- **La dilatation** : puisque le coefficient de dilatation thermique du béton est évalué à 10^{-5} , pour une variation de $\pm 20^\circ\text{C}$ on obtient : $\Delta L = \pm (2/1000) \times \text{longueur}$.
- **Le fluage** : C'est le phénomène de déformation provoquée dans le temps sous une charge fixe constamment appliquée.
- **La résistance** :

a) Résistance du béton à la compression :

Pour l'établissement des projets, dans les cas courants ; un béton est défini par la valeur de la résistance à la compression mesurée en décroisant des éprouvettes cylindriques de 200cm² de section, d=16cm ; h=32cm

La résistance est mesurée à l'âge de 28 jours. Pour notre cas on prend $f_{c28} = 27\text{ MPa}$.

Selon les règles [BAEL91] la résistance du béton à la compression peut être estimée suivant la loi :

Lorsque $j \leq 28$ jours, la résistance du béton non traitée thermiquement suit approximativement les lois suivantes :

- Béton de résistance courante : $f_{cj} = (j \cdot f_{c28}) / (1.4 + 0.95j)$ pour $f_{c28} \leq 40$ MPa
- Bétons de haute résistance : $f_{cj} = (j \cdot f_{c28}) / (1.4 + 0.95j)$ pour $f_{c28} > 40$ MPa

b) Résistance du béton à la traction :

La résistance caractéristique à la traction du béton à « j » jours notée f_{ij} ; est conventionnellement définie par la relation :

- $f_{ij} = 0.6 + 0.06 f_{cj}$ pour $f_{cj} \leq 40$ MPa.
- $f_{c28} = 27$ MPa \rightarrow $f_{t28} = 2.22$ MPa..... [BAEL91]

• Module de déformation longitudinale du béton :

Sous des contraintes normales d'une durée d'application inférieure à 24 heures ; on admet à défaut de mesures qu'à l'âge de « j » jours le module de déformation longitudinale instantanée du béton « E_{ij} » est égale :

$$E_{ij} = 11000(f_{cj})^{1/3} \dots\dots\dots \text{BAEL91}$$

$$E_{ij} = 33000 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{BAEL91}$$

Le module de déformation différée « E_{vj} » à « j » jours du au fluage est donné par la formule

$$E_{vj} = 3700(f_{cj})^{1/3}$$

$$E_{vj} = 11100 \text{ MPa}$$

Et sous les mêmes actions le module de déformation transversale est donné par la relation :

ν : coefficient de poisson

E : Déformation relative transversale au longitudinale

Selon les règles [BAEL91] les valeurs de ce coefficient :

$\nu = 0.20$; dans le cas des états limites de service (pour le calcul des déformations)

$\nu = 0.00$; dans L'E.L.U. (pour le calcul des sollicitations)

2.2.1.4 Caractéristiques limites du béton :

- **Contrainte ultime du béton en compression :**

On a : $f_{bu}=0.85f_{cj} / \gamma_b$; en pratique ; on aura : $f_{cj}=f_{c28}$

Avec : f_{bu} : contrainte limite ultime de compression.

γ_b : coefficient de sécurité.

$\gamma_b=1.15$; pour les situations accidentelles.

➤ $f_{bu}=19.96$ MPa.

$\gamma_b= 1.50$; pour les situations durables.

➤ $f_{bu}=15.3$ MPa.

➤ **Contrainte ultime du béton au cisaillement :**

On a :

$\bar{\tau}_u = \min (0.2f_{cj}/\gamma_b ; 5 \text{ MPa})$; si la fissuration non préjudiciable.

$\bar{\tau}_u = \min (0.15f_{cj}/\gamma_b ; 4 \text{ MPa})$; si la fissuration préjudiciable.

➤ **Contrainte de service du béton en compression :**

$\sigma_{bc} = 0.6f_{c28}$ pour $\sigma_{bc} = 16.2$ MPa

➤ **Diagramme contrainte déformation :**

Pour la vérification à l'état limite ultime, on utilise pour le béton un diagramme non linéaire dit « parabole-rectangle » ou bien, dans un but de simplification le diagramme rectangulaire qui en est déduit.

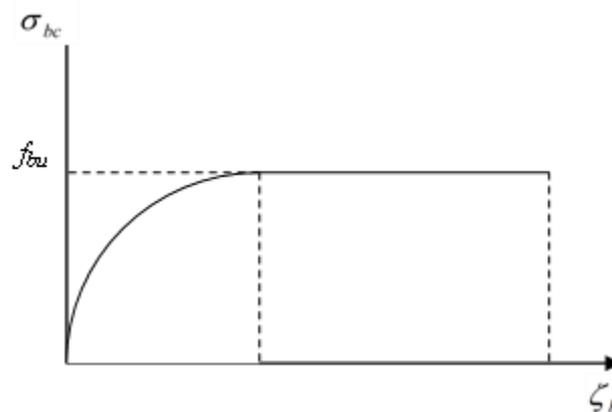


Figure 11 : Diagramme parabolique-rectangle des contraintes déformation d'un béton comprimé

2.2.2 ACIERS :

Afin de remédier au problème de non résistance du béton à la traction, on intègre dans les éléments du béton des armatures d'acier pour reprendre les efforts de traction.

L'acier est un alliage fer-carbone en faible pourcentage, son rôle est de reprendre les efforts de traction, de cisaillement et de torsion, on distingue deux types d'aciers :

- Aciers doux ou mi-durs pour 0.15 à 0.25% de carbone.
- Aciers durs pour 0.25 à 0.40 % de carbone.

Le module d'élasticité longitudinal de l'acier est pris égale à : $E_s = 200\ 000\ \text{MPa}$.

2.2.2.1 Types d'acier :

- Barres lisses (RL) ; Fe E 235
- Barre à hautes adhérences (HA) ; Fe E400
- Treillis soudé de diamètre 6 hautes adhérences ; Fe E 215

2.2.2.2 Caractéristiques Mécaniques :

- **Valeur de la limite d'élastique garantie f_e :**

Type	Nuance	Fe (MPa)	Emploi
Ronds lisses	FeE 22	215	Emploi courant
	FeE 24	235	Epingle de levage des pièces préfabriquées
Barre HA Type 2	FeTE 40	400	Emploi courant
	FeTE 50	500	
Fils tréfile HA Type 3	FeTE 40	400	Emploi sous forme de Barres droites ou de treillis
	FeTE 50	500	

Tableau 14 : Valeur de la limite d'élastique garantie f_e

Dans notre cas, on utilise des armatures à haute adhérence, un acier de FeE50 type 2 ; $f_e = 500\ \text{MPa}$.

- **Contraintes limites :**

- **Contraintes limites à l'ELU :**

$\sigma_s = f_e / \gamma_s$; aciers naturels

$\sigma_s = 1.1 f_e / \gamma_s$; aciers écrouis

Avec : γ_s : Coefficient de sécurité dépend de type de situation.

$\gamma_s = 1.15$ en situation courante $\sigma_s = 435$ MPa
 $\gamma_s = 1$ en situation accidentelle $\sigma_s = 500$ MPa

Contraintes limites à l'état limite de service (ELS) :

Les contraintes limites de l'acier σ_s sont données en fonction de l'état limite d'ouverture des fissures.

- Fissuration peu nuisible : pas de vérification.
- Fissuration préjudiciable : $\sigma_s = \left(\frac{2}{3}f_e; 150\eta\right)$ (MPa)
- Fissuration très préjudiciable : $\sigma_s = \left(\frac{1}{2}f_e; 110\eta\right)$ (MPa)

η : Coefficient de fissuration

$\eta = 1,00$ pour les aciers ronds lisse.

$\eta = 1,60$ pour les aciers à haute adhérence.

Le coefficient d'équivalence :

Le coefficient d'équivalence noté " n " est le rapport de : $n = \frac{E_s}{E_b} = 15$

Avec :

E_s : Module de déformation de l'acier

E_b : Module de déformation du béton

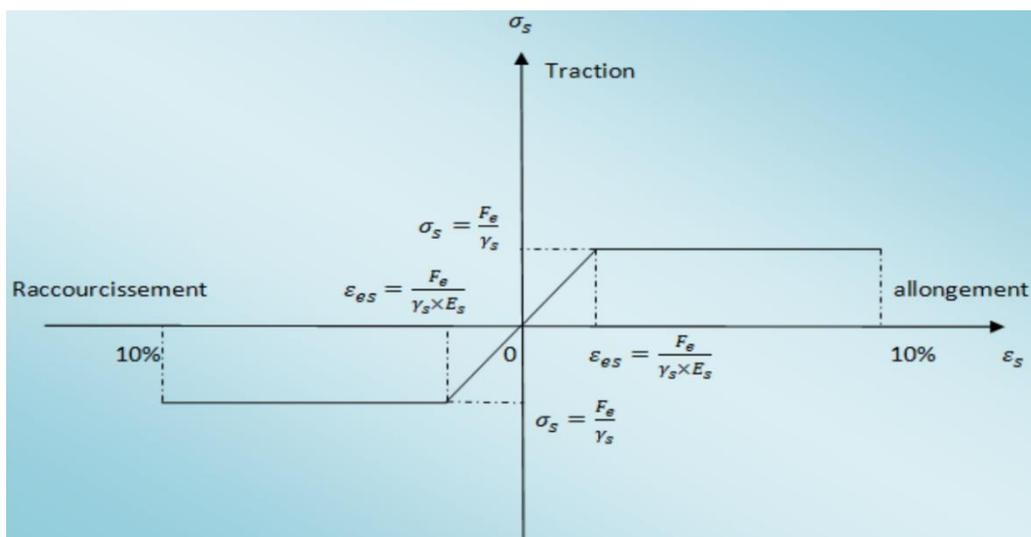


Figure 12 : Diagramme contrainte-déformations de l'acier à l'ELU {Oussama Brahim, 2019}

f_e : Contrainte limite élastique.

ε_s : Déformation (allongement) relative de l'acier

$$\varepsilon_{es} = \frac{f_e}{E_s \gamma_s}$$

σ_s : Contrainte de l'acier :

$$\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s}$$

$$\gamma_s = \begin{cases} 1,15 & \text{Cas des situations durables ou transitoires} \\ 1,00 & \text{Cas des situations accidentelles} \end{cases}$$

Pour les aciers *FeE500* on a :

$$\varepsilon_{es} = \frac{500}{1,15 \times 2 \cdot 10^5} = 2,17 \text{ } ^0/00$$

2.3 LES ACTIONS

2.3.1 Définition

Les actions sont des forces appliquées à une construction soit : directement : (action permanentes ; actions variables d'exploitation ; actions climatiques et actions accidentelles) ou indirectement : (effet de retrait et de fluage, variation de température et tassement)

2.3.2 Les actions permanentes (G) :

Elles ont une intensité constante ou très peu variable dans le temps, elles comprennent :

- Poids propres des éléments de la structure (remplissage en maçonnerie, cloisonnement, revêtement)
- Efforts (poids, poussée des eaux et des terres)
- Efforts dues à des déformations permanentes (mode de construction, tassement, retrait)

2.3.3 Les actions variables (Q) :

Elles varient de façon importante dans le temps :

- Les charges d'exploitation

- Les charges climatiques
- Explosion (gaz, bombes)
- Séismes

2.4 LES SOLLICITATIONS :

Les sollicitations sont définies comme étant les efforts provoqués en chaque point et sur chaque section de la structure, par les actions qui s'exercent sur elles ; les sollicitations sont exprimées sous formes des forces ; d'efforts (normaux ou tranchants) de moment (de flexion, de torsionetc.)

2.4.1 Hypothèses de Calcul :

Le calcul en béton armé est basé sur les hypothèses suivantes :

- Les sections droites restent planes après déformation :
- Il n'y a pas de glissement entre les armatures d'acier et le béton :
- Le béton tendu est négligé dans le calcul de la résistance à cause de sa faible résistance à la traction ;
- Le raccourcissement unitaire du béton est limité à 3,5 ‰ en flexion simple ou composée et à 2‰ dans la compression simple ;
- L'allongement unitaire dans les aciers est limité à 10‰.
- La contrainte de calcul, notée " σ_s ", est définie par la relation : $\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s}$

- Acier rond lisse $\begin{cases} \sigma_s = 435MPa & \text{situation durable} \\ \sigma_s = 500MPa & \text{situation accidentelle} \end{cases}$

Acier à haute adhérence $\begin{cases} \sigma_s = 435MPa & \text{situation durable} \\ \sigma_s = 500MPa & \text{situation accidentelle} \end{cases}$

2.5 ETUDE THERMIQUE DU BATIMENT

Le secteur de la construction est sans doute l'un des plus grands défis pour tous les pays du monde dans les décennies à venir, les bâtiments représentant environ 30 à 40 % de la consommation énergétique mondiale annuelle et près de 30 % de la consommation énergétique totale.

La recherche en thermique du bâtiment est un domaine fondamental dans le domaine de la conception et de la gestion des bâtiments, visant à analyser les aspects thermiques pour assurer un confort optimal et une efficacité énergétique accrue.

Les recherches menées dans ce domaine visent à développer des méthodes innovantes, des matériaux performants et des stratégies de gestion énergétique efficaces pour optimiser les performances thermiques des bâtiments.

L'objectif ultime est de concevoir des bâtiments confortables, durables et économes en énergie, en accordant une attention particulière à la réduction des pertes de chaleur, à l'utilisation efficace de l'énergie et à la mise en œuvre de pratiques de construction écologiques.

En résumé, la recherche thermique du bâtiment est un domaine important visant à assurer le confort, la durabilité et l'efficacité énergétique des bâtiments, concevoir des bâtiments plus économes en énergie, réduire les déperditions de chaleur et optimiser la consommation d'énergie tout en préservant la santé des habitants et contribuer à la lutte contre le changement climatique, grâce aux progrès continus dans ce domaine.

2.6 REGLEMENTATION THERMIQUE ALGERIENNE

En Algérie, la réglementation thermique de 1997 des bâtiments à usage d'habitation a été conçue pour réduire la consommation de chauffage de l'ordre de 25 %. Une réflexion est engagée actuellement pour porter ce niveau d'économie à plus de 40%. Pour ce faire, des simulations numériques ont été menées sur des logements types. Il ressort de l'étude qu'en agissant sur la seule limitation des déperditions thermiques par transmission, il est possible d'atteindre ce nouvel objectif tout en réduisant substantiellement la charge de climatisation d'été. Une nouvelle réglementation thermique pourrait s'articuler autour des deux principes suivants : réserver la réglementation de 1997 à l'habitat individuel, définir de nouveaux coefficients réglementaires plus contraignants pour l'habitat en immeuble collectif.[1]

La réglementation thermique algérienne est basée sur deux documents techniques réglementaires (DTR). Le premier DTR est relatif à la période d'hiver, alors que le deuxième concerne la période d'été ;

2.6.1 Vérification d'hiver (DTR C3-2)

Le document établit des règles de calcul des pertes de chaleur dans les bâtiments résidentiels. L'exigence réglementaire qui sous-tend cette DTR est de limiter les déperditions thermiques

des bâtiments d'habitation en fixant des limites à ne pas dépasser (déperditions dites de référence).

Les déperditions calorifiques par transmission à travers les parois calculées pour la période d'hiver doivent être inférieures à une limite appelée « Déperdition de Référence » ;

$DT \leq 1.05 \text{ Dréf}$

- DT (en W/°C) représente les déperditions par transmission du logement
- Dréf (en W/°C) représente les déperditions de référence

2.6.2 Vérification d'été (DTR C3-4)

Ce document fixe les méthodes de calcul des apports calorifiques des bâtiments et celles de vérification de la conformité à la réglementation thermique d'été des bâtiments.

La somme des apports calorifiques par les parois vitrées et les parois opaques aériennes doit vérifier au mois de Juillet à 15 h TSV (considéré comme le mois le plus chaud de l'année), pour une température sèche intérieure de 27°C, la relation ci-après :

$$APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times Aréf (15 \text{ h}) [W]$$

- APO (en W) désigne les apports calorifiques à travers les parois opaques aériennes
- AV (en W) désigne les apports calorifiques à travers les parois vitrées

2.6.3 Déperditions calorifiques (Fascicule 1 DTR C3-2)

Ce livret du Document Technique Réglementaire (DTR) apporte une première réponse aux problèmes liés au thermique des bâtiments. Il fournit aux professionnels des méthodes d'évaluation thermique des logements pour le problème de l'hiver.

L'exigence réglementaire sur laquelle se base ce DTR est de limiter les pertes thermiques du logement en fixant un seuil à ne pas dépasser (appelé perte de référence).

Le respect de ce seuil devrait permettre une économie de 20 à 30% sur la consommation d'énergie pour le chauffage des logements, sans pour autant porter atteinte au confort des utilisateurs.[2]

2.6.3.1 L'objectif du document ;

- Détermination des déperditions calorifiques des bâtiments.
- Vérification de la conformité des bâtiments à la réglementation thermique.
- Dimensionnement des installations de chauffage des bâtiments.
- Conception thermique des bâtiments.

2.6.3.2 Les bases de calcul ;

- Définir les volumes thermiques.

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

2.6.4 Apports calorifiques (fascicule 1 DTR C3-4)

Les apports calorifiques d'un local sont égaux à la somme des apports de chaleur sensible et latente, provenant d'une source intérieure ou extérieure du local, pour des conditions extérieures et intérieures déterminées.

Le calcul utilisé par le DTR C 3.4 publié par CNERIB est basé sur l'hypothèse que les locaux concernés sont conditionnés (même si ces locaux n'étaient pas prévus). Cette hypothèse est également retenue pour le calcul des apports calorifiques d'un local et pour la détermination de la puissance frigorifique.[3]

2.6.4.1 Objet du document

- Détermination des apports calorifiques des bâtiments.
- Vérification de la conformité à la réglementation thermique d'été des bâtiments.

2.6.4.2 Les bases de calcul des apports thermiques

- Les apports thermiques dus aux parois.
- Les apports thermiques dus à l'air extérieur.
- Les apports thermiques internes

2.7 EFFICACITE ENERGETIQUE

L'efficacité énergétique du bâtiment, c'est consommer moins mais mieux en améliorant les performances des appareils et des installations.[4] L'efficacité énergétique c'est utiliser moins d'énergie sans perdre en qualité ou en confort.[4]

En physique, l'efficacité énergétique du bâtiment est le rapport entre l'énergie utilisée par un system (énergie utile produite) et l'énergie qu'il consomme pour son fonctionnement.

L'efficacité énergétique se base généralement sur l'optimisation des consommations, ce qui implique la recherche de la moindre intensité énergétique (à service égal), une utilisation rationnelle d'énergie, des procédés et des outils plus efficaces.

Le mot "efficacité énergétique" est largement utilisé pour désigner l'ensemble des technologies et pratiques qui permettent simplement d'avoir pour objectif de réduire la consommation d'énergie tout en maintenant des conditions d'utilisation et un confort satisfaisant.

Parmi les solutions d'amélioration de l'efficacité énergétique, il est d'usage de distinguer les solutions dites « passives » qui consistent à réduire la consommation d'énergie des équipements et des matériaux grâce à une meilleure performance intrinsèque et les solutions dites « actives » visant à optimiser les flux et les ressources. (2)

2.7.1 L'efficacité énergétique passive :

Il est concentré sur l'enveloppe de la maison et l'amélioration de son isolation thermique. Il concerne l'isolation, la ventilation et les équipements de chauffage.

Les solutions « passives »

Elles consistent à accroître les qualités intrinsèques d'un bâtiment afin d'optimiser l'utilisation des énergies qui lui sont fournies.[5]

➤ L'architecture

De nombreux paramètres peuvent être pris en compte lors de la construction d'un bâtiment, par exemple :

- Son orientation et sa capacité à profiter de l'énergie lumineuse, à capter et à se protéger de l'énergie solaire.[5]
- Une isolation thermique renforcée,
- Une meilleure étanchéité générale du bâti à l'air
- Des systèmes de ventilation plus performants.

➤ Le système de chauffage

Des systèmes de chauffage plus performants sont développés pour réduire l'énergie qu'ils consomment ;

- Les chaudières à condensation et basse température.
- Des systèmes de chauffage à base d'énergies renouvelables.
- Les chaudières à cogénération permettant de produire de l'énergie électrique en même temps que de l'énergie thermique.[2]

➤ L'équipements électrique

L'éclairage et l'électroménager absorbent 15% de l'énergie consommée dans le résidentiel. Des lampes à économie d'énergie (fluorescentes ou leds) permettent de réaliser une économie d'énergie supérieure à 50% par rapport à des lampes à incandescence (en

revanche, elles ne créent pas de chaleur comme ces lampes à incandescence). L'électroménager disponible en 2011 consomme près de 40% moins d'électricité en moyenne que les appareils commercialisés en 2000. La consommation électrique des réfrigérateurs et des congélateurs a été divisée par 3 entre 1999 et 2009, notamment grâce à une meilleure circulation du froid et à des compresseurs plus performants.[5]

2.7.2 L'efficacité énergétique active :

L'efficacité énergétique active touche à la régulation, la gestion de l'énergie, la domotique et la Gestion Technique du Bâtiment (GTB).[6]

Elles visent à utiliser l'énergie « juste nécessaire » par une gestion active des équipements.[5]

- **Les systèmes technologiques « intelligents »**

Les systèmes dits intelligents permettent de mesurer, de contrôler et de réguler la consommation électrique des bâtiments (capteurs de température, de présence pour l'éclairage, d'émissions de CO₂ pour la ventilation, etc.) et d'éviter ainsi les consommations inutiles.[5]

Les systèmes de chauffage électrique intelligents comprennent, par exemple, des commandes électroniques qui détectent l'ouverture et la fermeture des fenêtres (à ce stade 4 % d'économies d'énergie) ou la présence dans la maison (à ce stade 12 % de gain potentiel). Ces solutions intelligentes ont le potentiel de réduire la consommation énergétique globale des bâtiments de 10 à 20 %.

2.8 ENVELOPPE

L'enveloppe du bâtiment, également appelée "enveloppe thermique", est la partie du bâtiment qui assure la séparation entre l'intérieur et l'extérieur, tout en limitant les transferts d'énergie thermique (chaleur) entre les deux.

Elle se compose des éléments tels que les murs extérieurs, les toits, les fenêtres, les portes, et les planchers.

Elle permet de maintenir une température confortable à l'intérieur, en limitant les pertes de chaleur en hiver et les gains de chaleur en été, tout en réduisant la consommation d'énergie nécessaire pour le chauffage et la climatisation.

2.8.1 Les données de l'enveloppe du bâtiment :

On utilise les plans architecture, d'où nous déduirons ces données :

- L'orientation
- Les dimensions des différents locaux
- Les surfaces de tous les éléments de construction (mur, planchers, fenêtres, etc.) ;
- Les caractéristiques physiques des matériaux de constructions utilisés (mortier, béton, briques).

2.9 MATERIAUX DE CONSTRUCTION UTILISES :

2.9.1 Briques Creuses

Si la brique a autant de succès, c'est qu'il s'agit d'un matériau très présent dans la construction des maisons françaises et utilisé depuis bien des siècles.[7]

Les briques creuses sont des briques avec des trous verticaux ou horizontaux. Ce type de brique est utilisé pour la construction de murs intérieurs et extérieurs porteurs ou non porteurs.



Figure 13:Briques creuses[7]

Les briques creuses sont les plus répandues et les plus classiques. Polyvalent et très pratique car il convient à toutes sortes de tâches. Les briques creuses sont en terre cuite. Il est léger, solide, facile à traiter et possède une excellente résistance aux chocs et une excellente durabilité.

2.9.2 Béton Armé

Le béton armé est une combinaison judicieuse de matériaux aux propriétés complémentaires. L'acier a la capacité de résister à la tension et le béton a la capacité de résister à la compression. Le béton lui-même est un mélange intelligent d'agrégats, de ciment et d'eau. Le ciment et l'acier sont issus de procédés de fabrication spécifiques.

2.9.3 Polystyrène expansé

Le polystyrène expansé (PSE) est obtenu à partir d'un mélange de polystyrène et de gaz, qui donne un matériau léger de couleur blanche.[8]



Figure 14: Polystyrène expansé[8]

Il est utilisé comme matériau d'isolation thermique et phonique. C'est un matériau isolant léger et rigide à cellules fermées. Le polystyrène expansé est disponible dans une variété de résistances à la compression pour résister aux charges et aux forces de remblai. Cette structure à cellules fermées assure une absorption d'eau minimale et une faible perméabilité à la vapeur.

2.9.4 Mortier de ciment

Type de mortier traditionnel fabriqué en mélangeant de l'eau, du sable et enfin du ciment. Peut être utilisé pour les travaux de maçonnerie intérieurs et extérieurs. Il a une résistance à la compression plus élevée et durcit plus rapidement que le mortier bâtard, mais se rétracte plus facilement que le mortier bâtard.



Figure 15: Mortier de ciment[9]

2.10 CONFORMITE DU BATIMENT

Le confort participe à la définition du bien-être.[10] Le confort à l'intérieur des bâtiments est la synthèse de perceptions multiples (lumineuse, thermique, aéraulique, sonore) qui répondent à la fois aux exigences physiologiques et aux aspects d'usage et de culture. Les normes en définissent les limites (qualité et taux de renouvellement de l'air, température minimum et maximum, niveau d'éclairage) pour préserver la santé des habitants.[11]

Le confort du bâtiment fait simplement référence au niveau de vie qu'un immeuble offre à ses habitants. Le confort peut être thermique, tactile, phonique, acoustique, visuel, hygrométrique ou olfactif.

2.10.1 Confort thermique :

C'est l'élément essentiel du confort. Si l'homme peut s'adapter facilement aux autres types de confort, la plage de confort thermique est relativement faible, même en prenant en compte un habillement adapté à la saison.[12]

Le confort thermique englobe tous les paramètres environnementaux d'un logement, d'un bâtiment ou d'une infrastructure pour que le métabolisme de l'être humain puisse fonctionner de façon optimale, sans désagréments, ni sentiment d'inconfort pour l'individu (4) :

- Les températures ambiantes : Par exemple, de fortes chaleurs peuvent entraîner des maux de têtes, une déshydratation et une forte sensation de fatigue entre autres. Autant de désagréments qui peuvent devenir dangereux pour les personnes fragiles[13].
- Le niveau d'humidité : Il est reconnu qu'un taux d'humidité trop élevé dans un logement est nocif pour les nourrissons et les personnes fragiles, et proscrit pour toute personne souffrant de maladies respiratoires chroniques comme des allergies ou de l'asthme par exemple [13].
- Les mouvements d'air : Se retrouver en plein courant d'air froid peut non seulement être très désagréable, mais peut également entraîner des maladies de type rhume, bronchite ou autres [13].

Le confort thermique dépend aussi aux facteurs liés à l'individu tels que :

- Les habillements : Il représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement, tout comme l'isolation d'une maison crée une résistance thermique conservant la chaleur à l'intérieur.[14]
- Métabolisme : Il s'agit de la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7 °C. Lorsqu'une personne est en mouvement, un métabolisme de travail correspondant à son activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos.[14]

Étant donné que le confort thermique et la température intérieure sont étroitement liés, il s'agit de l'un des facteurs de confort des bâtiments les plus cruciaux. La productivité et le bien-être des habitants peuvent en être affectés négativement s'il fait trop chaud ou trop froid.

2.10.2 Le confort visuel

Le confort visuel des résidents est fortement influencé par l'éclairage, qu'il soit naturel ou artificiel. La fatigue oculaire peut résulter d'un éclairage insuffisant, tandis que des conditions aveuglantes et inconfortables peuvent résulter d'un éclairage trop intense.

L'éclairage naturel dépend de la surface des baies vitrées, de leur orientation, de leur inclinaison et des protections solaires qui doivent être d'autant plus efficaces que les apports solaires sont plus importants[12].

2.10.3 Le confort acoustique

Caractérise une absence de nuisances sonores qui peuvent provenir de l'extérieur du logement, comme des bruits de circulation urbaine ou du voisinage, mais peuvent également émaner de votre intérieur.[13]

2.10.4 Le confort olfactif et la qualité de l'air intérieur

Les odeurs provenant essentiellement des cuisines et des WC, les COV, Composés Organiques Volatils libérés par les parois, les aménagements et équipements intérieurs ainsi que la vapeur d'eau issue de la préparation des repas et les douches peuvent être fortement réduits, c'est le rôle de la ventilation permanente, naturelle mais difficilement contrôlable ou celui plus rigoureux des VMC simple ou double flux.[12]

Des problèmes de santé, notamment des allergies et des problèmes respiratoires, peuvent résulter d'une mauvaise qualité de l'air. Afin de maintenir un environnement de travail sûr et confortable, la ventilation et la qualité de l'air sont cruciales.

Enfin, la sécurité est une composante essentielle du confort des bâtiments. Les occupants de l'immeuble doivent s'y sentir en sécurité et avoir accès rapidement à une sortie en cas d'urgence.

Un environnement intérieur sain, agréable, sûr et productif est ce que l'on entend par « confort de construction », un terme aux multiples facettes.

2.11 CONSOMMATION D'ENERGIE

Quand on parle d'énergie, il faut parler de population. En effet, la consommation mondiale d'énergie est liée, d'une part, à la démographie et, d'autre part, au niveau de vie des personnes, c'est-à-dire à la consommation par habitant. Cette consommation a considérablement augmenté dans les pays de l'OCDE depuis les années 1950 et augmente également dans de nombreux pays en développement.

La consommation d'énergie dans le monde par les équipements de CVC (chauffage, ventilation et climatisation) dans les bâtiments varie de 16 à 50% de la consommation totale d'énergie.[15]

2.11.1 Consommation nationale d'énergie :

La consommation énergétique nationale a augmenté de 59% entre 2010 et 2019, selon une évaluation réalisée par le Commissariat aux énergies renouvelables et à l'Efficacité énergétique (CEREFÉ).[16]

2.11.2 Evolution de la consommation par secteur d'activité :

Dans l'élaboration du bilan énergétique, le système de consommation [17] est présenté sous forme de trois secteurs : l'industrie et BTP, des transports et des ménages et autres.

Par secteur d'activité, la consommation finale de 2021 a été caractérisée par les évolutions suivantes :

- La croissance de la demande des secteurs résidentiel et autres (6,2 %) sera tirée par le sous-secteur résidentiel (4,4 %) et le sous-secteur tertiaire et autres (12,3 %), passant de 22,1 millions de tonnes en 2020 à 23,4 millions de tonnes).
- La consommation du secteur « transport » s'est redressée (7,6 %), passant de 13,5 millions de tonnes en 2020 à 14,5 millions de tonnes en 2021, tirée par la consommation de produits agricoles et agricoles. Carburants aviation ((Diesel 5,1%), (GPL/C 35,8%, Essence (1,8%), (Jet 15,1%)), liés à la réouverture du trafic routier et à l'ouverture progressive de l'espace aérien.
- Avec la reprise de l'activité économique, la consommation du secteur « industrie et construction » augmentera fortement à 12,2 millions de tonnes (12 %) en 2021, tirée par le sous-secteur ISMME, agroalimentaire, chimie et matériaux de construction notamment.

Le détail de la consommation finale par secteur d'activité, est donné ci-après :

Unité : K Tep	2020	2021	Evolution	
			Quantité	(%)
Industrie et BTP, dont :	10 911	12 220	1 309	12,0
- Matériaux de construction	4 768	4 887	120	2,5
- ISMME	1 942	2 586	644	33,2
- BTP	605	619	14	2,3
Industries Manufacturières :	1 252	1 321	68	5,5
Dont : industries Agroalimentaires	1 128	1 185	57	5,1
- Chimie	409	851	442	108,2
- Autres industries	1 935	1 956	22	1,1
Transport, dont :	13 499	14 520	1 021	7,6
- Routier	12 847	13 764	917	7,1
- Aérien	214	246	32	15,0
Ménages et autres, dont :	22 056	23 431	1 375	6,2
- Résidentiel	17 299	18 053	754	4,4
- Agriculture	565	672	107	18,8
- Tertiaires et autres	4 192	4 706	515	12,3
Total	46 466	50 171	3 705	8,0

Figure 16: Consommation finale par secteur[17]

La structure de la consommation finale reste dominée par le secteur des « Ménages & autres » (47%), suivi par le secteur du transport (29%) et enfin le secteur de « l'industrie et BTP » avec un part de 24%, comme illustré dans le graphe ci-après :

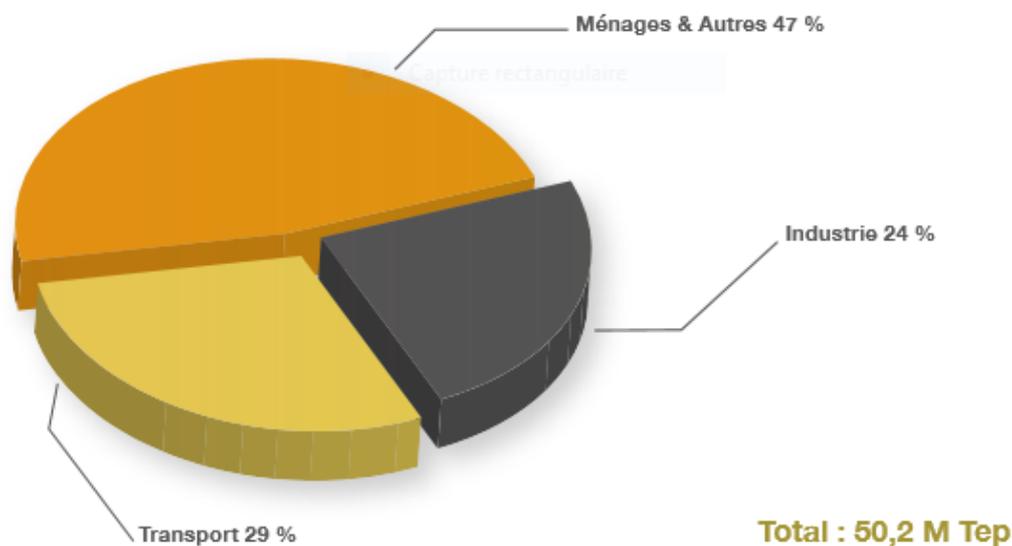


Figure 17: structure de la consommation finale d'énergie par secteur d'activité[17]

:

2.12 ETIQUETTE (ENERGETIQUE) DU BATIMENT

L'étiquette (énergétique du bâtiment) est une méthode d'évaluation de la performance énergétique des bâtiments, qui permet de connaître la consommation d'énergie d'un bâtiment et son impact sur l'environnement.

L'étiquette du bâtiment est généralement basée sur plusieurs critères, tels que la consommation d'énergie pour le chauffage, l'éclairage, la ventilation, la production d'eau chaude sanitaire, etc. Elle prend également en compte la qualité de l'enveloppe du bâtiment (murs, fenêtres, toiture, planchers, et portes), ainsi que les équipements utilisés (chauffage, climatisation, ventilation, etc.).

L'étiquette du bâtiment est présentée sous forme d'une échelle de lettres (de A à G), où A représenté les bâtiments les plus économes en énergie, et G les moins économes.

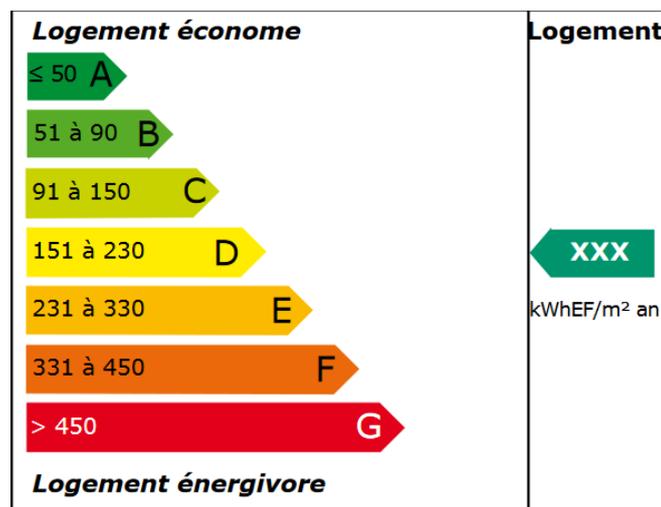


Figure 18: Classement énergétique[18]

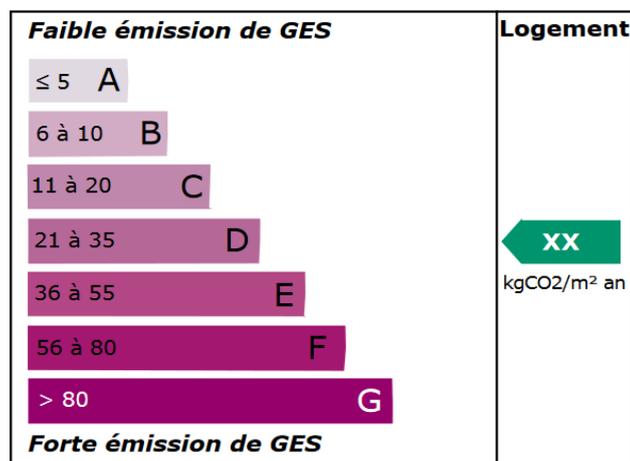


Figure 19: Emission de gaz[18]

Elle permet ainsi de comparer la performance énergétique de différents bâtiments, de sensibiliser les occupants et les propriétaires à l'importance de la consommation d'énergie, et d'encourager les rénovations énergétiques.

Dans certains pays, l'étiquette du bâtiment est obligatoire pour les bâtiments neufs et pour les bâtiments existants mis en vente ou en location. Elle peut également donner droit à des aides financières pour les propriétaires qui entreprennent des travaux de rénovation énergétique.

2.12.1 Bâtiment Passif

Sur le papier, le principe est le suivant : dans un bâtiment dit « passif », la chaleur générée à l'intérieur du bâtiment par les occupants, le fonctionnement des appareils et par le rayonnement solaire via les surfaces vitrées suffit à chauffer l'intérieur du logement[19]

Ces structures ne nécessitent donc pas de chauffage ou de climatisation conventionnels en été. Le soleil, l'isolation, les gains intérieurs suffisent même en hiver pour maintenir le bâtiment à une température agréable.[20]

En termes simples, une maison non chauffée basée sur le principe de très faible consommation électrique. Tout aussi intéressant est qu'il s'agit d'une maison qui peut fonctionner de manière complètement indépendante du réseau (eau potable, électricité, gaz).

2.12.2 Bâtiment à zéro énergie

Un bâtiment économe en énergie où, sur la base de l'énergie à la source, l'énergie annuelle réelle fournie est inférieure ou égale à l'énergie renouvelable exportée sur site.[21]

Un bâtiment zéro énergie net (ZEB) est une structure résidentielle ou commerciale dont les besoins en énergie sont considérablement réduits en raison d'avancées d'efficacité, de sorte que l'équilibre des besoins énergétiques puisse être satisfait à l'aide de technologies renouvelables.

2.12.3 Bâtiment à énergie positive

Un bâtiment à énergie positive (parfois abrégé en « BEPOS ») est un bâtiment qui produit plus d'énergie (électricité, chaleur) qu'il n'en consomme pour son fonctionnement.[22].

2.13 NOTIONS DE CLIMAT :

La caractérisation du climat est effectuée à partir de mesures statistiques annuelles et mensuelles sur des données atmosphériques locales : température, pression atmosphérique, précipitations, ensoleillement, humidité, vitesse du vent.[14]

2.13.1 Les zones climatiques en Algérie :[23]

L'Algérie fait partie de la zone sub tropical de l'Afrique du Nord. Le climat en Algérie est différent d'une région à l'autre.

Le climat est de type :[21]

- Méditerranéen sur toute la frange nord qui englobe le littoral et l'Atlas tellien (étés chauds et secs, hivers humides et frais) ;
- Semi-aride sur les hauts plateaux au centre du pays ;
- Désertique dès que l'on franchit la chaîne de l'Atlas saharien.

On définit pour l'Algérie les zones suivantes ;[21]

- 4 zones climatiques et une sous zone au Nord
- 3 zones climatiques au Sud.

Pour chaque zone, on distingue les sites d'altitude inférieure à 500 m, comprise entre 500 et 1000 m et supérieure à 1000 m.

- La zone A ; Elle comprend le littoral et une partie du versant Nord des chaînes côtières (climat méditerranéen maritime).
- La zone B ; Elle comprend la plaine et les vallées comprises entre les chaînes côtières et l'Atlas Tellien, autre que celle de Chlef (climat méditerranéen continental).
- La zone B' ; C'est une sous-zone de la zone B. Elle comprend la vallée de Chlef, comprise entre la chaîne de l'Ouarsenis et les montagnes du Dahra et des Braz.
- La zone C ; Elle comprend les hauts plateaux entre l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien, avec des altitudes supérieures à 500 m (climat méditerranéen de montagne).
- La zone D1 ; Elle comprend le Sahara au-delà de l'Atlas Saharien jusqu'à la latitude 31°.
- La zone D2 ; Elle comprend le Sahara au-delà de la latitude 31° jusqu'à la latitude 26°.
- La zone D3 ; Elle comprend le Sahara au-delà de la latitude 26° jusqu'aux frontières Sud.

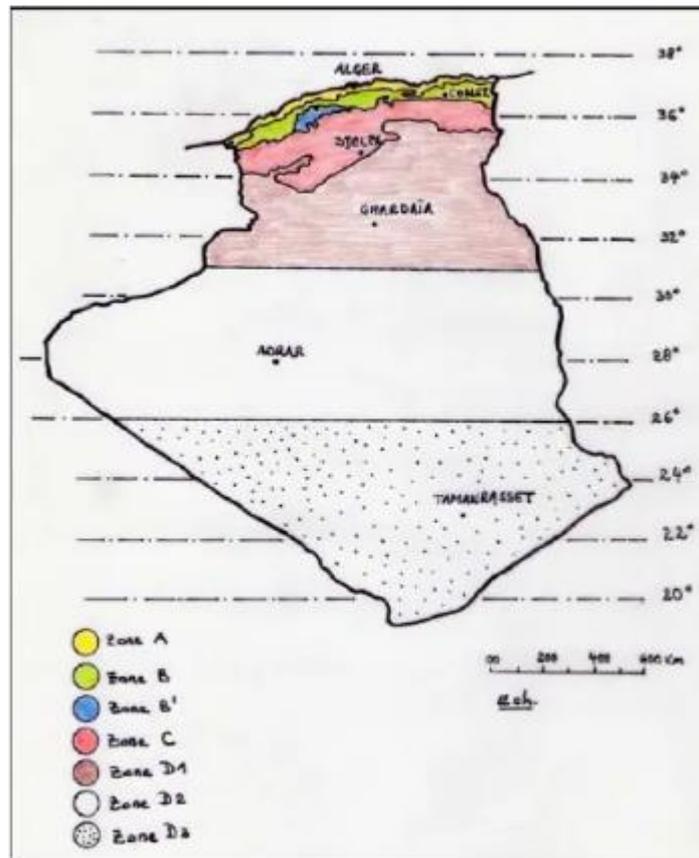


Figure 20: Cartes des zones Climatiques d'Algérie[24]

2.14 MODES DE TRANSFERT DE CHALEUR DANS LE BATIMENT :

Le bâtiment est un espace clos isolé de l'environnement extérieur. Sous les variations climatiques du milieu extérieur, le bâtiment subit des interactions thermiques avec son environnement. Ce phénomène met en évidence le transfert de chaleur se produit en raison de la différence de température entre les deux milieux. Il se fait d'un objet à haut température vers un objet à basse température.

Il existe trois modes de transfert de chaleur. Ces modes sont : la conduction, la convection et le rayonnement.

2.14.1 Conduction

La conduction est le transfert de chaleur entre deux objets (solides) en contact ou à l'intérieur d'un objet, à la suite d'une agitation moléculaire dans un matériau sans aucun mouvement de matériau dans son ensemble. La propagation de la chaleur par conduction à l'intérieur d'un corps s'effectue selon deux mécanismes distincts : une transmission par les vibrations des atomes ou molécules et une transmission par les électrons libres.[25]

La chaleur se propage avec plus ou moins de facilité suivant la nature, les caractéristiques (résistances thermiques...) et la géométrie du matériau.[26]

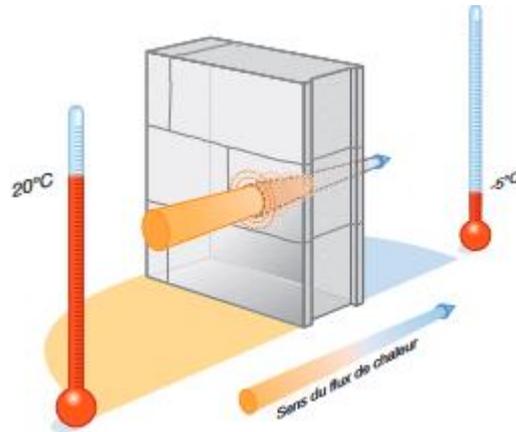


Figure 21:Illustration de transfert du chaleur conductif [26]

2.14.2 Convection

La convection est le transfert d'énergie thermique entre des endroits à différentes températures en raison du mouvement du fluide. La convection est généralement la forme dominante de transfert de chaleur dans les liquides et les gaz.

Il existe deux types de transfert de chaleur par convection ; convection libre ou naturelle et convection forcée.

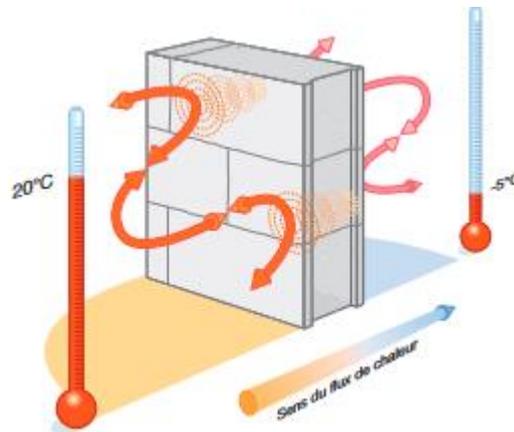


Figure 22:Illustration de transfert de chaleur convectif[26]

2.14.3 Rayonnement

Le rayonnement thermique est le transfert de chaleur effectué entre deux corps sans contact physique par des rayons électromagnétique.

Plus l'émissivité du matériau est faible moins il y aura de transfert par rayonnement.[26]

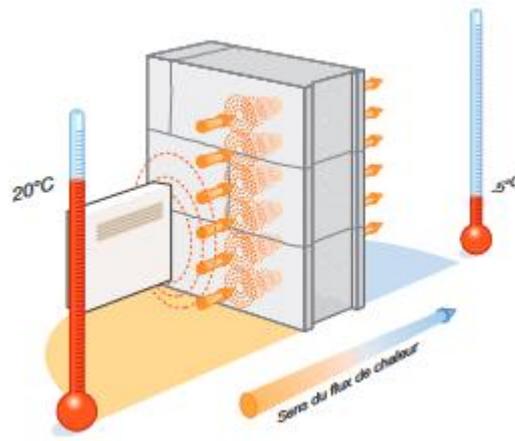


Figure 23: Illustration de transfert de chaleur par rayonnement[26]

2.15 NOTIONS DE GRANDEURS THERMIQUES :

2.15.1 Chaleur sensible et chaleur latente :

Précédemment, on a vu que l'apport de chaleur à un corps se traduisait soit par une élévation de température de celui-ci, soit par son changement d'état physique.[27]

La chaleur sensible est la quantité de chaleur échangée entre plusieurs corps qui forment un système isolé sans transition de phase physique. Il est dit "sensible" car ce transfert de chaleur sans changement de phase modifie la température du corps, qui peut être ressentie ou mesurée par un observateur.

Mathématiquement, la chaleur sensible, Q échangée par un corps qui passe d'une température $T1$ à une température $T2$ est donnée par la relation :[28]

$$Q=mc(T1-T2)$$

Où Q est la chaleur sensible (en J), m est la masse du corps (en kg), c est la chaleur massique de ce corps (en $J\ kg^{-1}\ K^{-1}$), $T1$ et $T2$ sont les températures initiale et finale du corps (en K)

Tous les corps purs sont capables de changer d'état. Les solides peuvent se transformer en liquides (la glace en eau) et les liquides en gaz (l'eau en vapeur), mais ces changements nécessitent l'ajout ou l'élimination de chaleur. La chaleur qui provoque ces transformations est appelée **chaleur latente**.

La chaleur latente provoque un changement d'état sans changement de température.

Il faut aussi savoir que lorsqu'un corps est en train de changer d'état, il absorbe de la chaleur pour la conserver, mais il n'augmente plus sa température. Lorsque l'état physique d'un corps change, sa température reste en fait constante.

Il existe plusieurs types de chaleur latentes :

- Chaleur latente de liquéfaction

- Chaleur latente de vaporisation.
- Chaleur latente de condensation.
- Chaleur latente de solidification

2.15.2 Flux de chaleur Φ , en W/m^2 :

Le flux de chaleur est la quantité de chaleur transférée par unité de surface, par unité de temps.

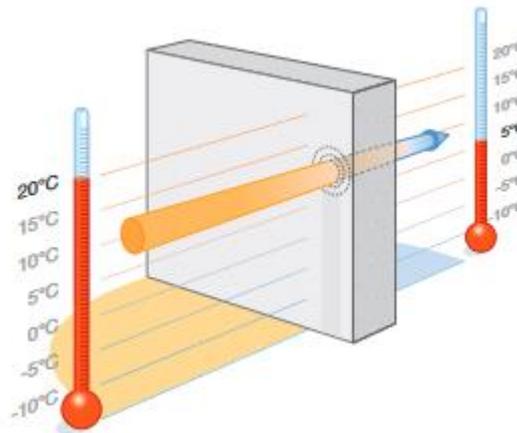


Figure 24: Flux de chaleur[26]

2.15.3 Conductivité thermique λ , en $W/(m.K)$:

La conductivité thermique est une mesure de la capacité d'un matériau à transférer la chaleur à travers lui. Elle représente la quantité de chaleur qui traverse $1m^2$ d'un matériau d'un mètre d'épaisseur par unité de temps, pour une différence de température de 1 degré entre les deux côtes du matériau.

2.15.4 Résistance thermique R , en $m^2.K/W$:

La résistance thermique est une mesure de la capacité d'un matériau à résister au flux de chaleur ou la capacité d'un matériau à ralentir le transfert de chaleur par conduction.

Elle est définie comme la différence de température entre deux côtes d'un matériau divisée par le flux de chaleur à travers ce matériau.

La résistance thermique dépend du nombre des couche et la nature des matériaux.

Plus la résistance thermique d'un matériau est élevée, plus le matériau est isolant.

2.15.5 Resistance Superficielles d'une paroi R_{si} et R_{se} en $m^2.K/W$:

La résistance superficielle d'une paroi caractérise la part des échanges thermiques qui se réalise à la surface des parois par convection et rayonnement.[26]

Cela dépend de la direction de flux de chaleur et de l'orientation de paroi.

- R_{si} : résistance d'échange superficielle interne (convection + rayonnement)
- R_{se} : résistance d'échange superficielle externe (convection + rayonnement)

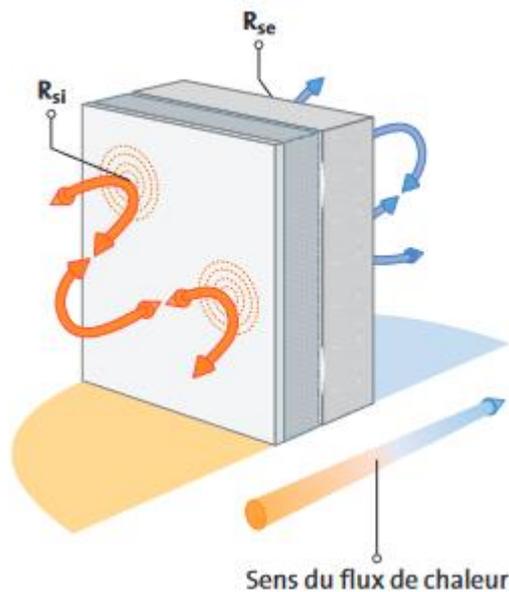


Figure 25: illustration de résistance superficielle[26]

2.15.6 Facteur d'absorption, α :

Le facteur d'absorption est une mesure de la capacité d'un matériau à absorber l'énergie de chaleur incidente sur sa surface. C'est un rapport de la quantité d'énergie absorbée par le matériau à la quantité totale d'énergie incidente sur sa surface.

2.15.7 Apports calorifiques :

Les apports calorifiques (appelés aussi gains ou charges) d'un local sont égaux à la somme des apports de chaleur sensible et latente, provenant d'une source intérieure ou extérieure du local, pour des conditions extérieures et intérieures déterminées, en ne tenant pas compte des apports dus à l'installation.[29]

Il existe deux types d'apports :[30]

- Les apports internes, liés aux besoins de l'activité humaine dans le bâtiment (chauffage, éclairage, électroménager, etc...).

- Les apports externes liés au climat et à l'environnement du site de construction (Température et humidité de l'air extérieure, altitude, urbanisation de la zone).

➤ **Les apports internes**

Les apports internes correspondent à la chaleur émise par les équipements électriques, l'équipement hydraulique, les occupants et leurs activités.[31]

Le chauffage et la climatisation sont des sources importantes des apports internes, une attention particulière étant accordée à l'efficacité énergétique des systèmes de chauffage et de climatisation.

➤ **Les apports externes**

L'ensoleillement est une source importante d'apport énergétique. Les choix de l'orientation et des menuiseries (fenêtres et portes fenêtres) deviennent primordiaux dans la dynamique énergétique.[23]

Apports solaires : ces apports représentent l'énergie solaire introduit par l'ensoleillement direct via les vitrages et par transmission surfacique des parois en contact avec l'extérieur.[32]

2.15.8 Déperditions Thermiques :

Les déperditions thermiques s'entendent comme les déperditions thermiques subies par un bâtiment à travers ses murs et les échanges de fluides avec l'extérieur. Ceci est d'autant plus important si l'isolation est mauvaise.

Les déperditions thermiques se produisent de deux façons :

- Les déperditions par transmission à travers les surfaces des parois d'enveloppe (surfaciques) et à travers les ponts ou liaisons des parois d'enveloppe (linéiques), (D_p).
- Les déperditions par renouvellement d'air (D_r).

Ces déperditions sont fonction des caractéristiques de la structure, les matériaux, l'environnement du bâtiment (climat, effet de masque, orientation, ...). Ces déperditions sont remarquables dans les bâtiments non ou mal isolé.[23]

Les déperditions thermiques possibles pour une structure passent :[23]

- Par la toiture en contact avec l'extérieur.
- À travers les murs.
- Par le plancher bas.
- À travers les portes et les fenêtres.

- Par renouvellement d'air et les fuites.
- Au niveau des ponts thermiques.

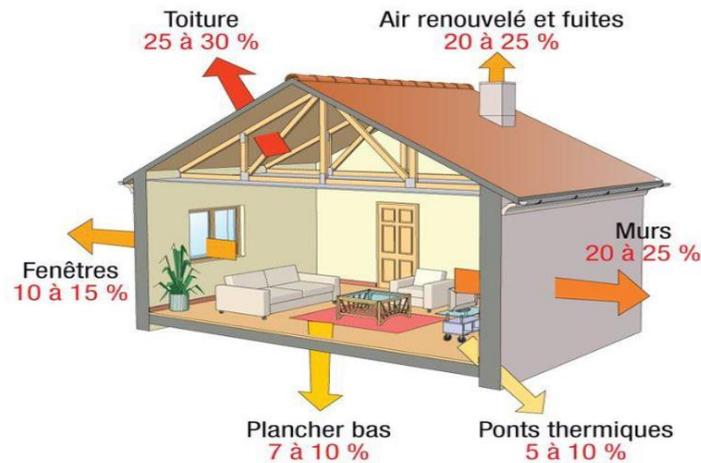


Figure 26: Pertes d'énergie dans un bâtiment[33]

2.15.9 Ponts thermiques :

Un pont thermique est une portion d'enveloppe d'un bâtiment dont la résistance thermique varie (grande variation due à l'absence ou à la dégradation locale de l'isolant). Ce sont généralement des pertes causées par des liaisons entre éléments de construction (panneaux, murs, outils de menuiserie).

Les ponts thermiques entraînent des déperditions de chaleur supplémentaires par rapport aux déperditions à travers les parois du bâtiment.[23]

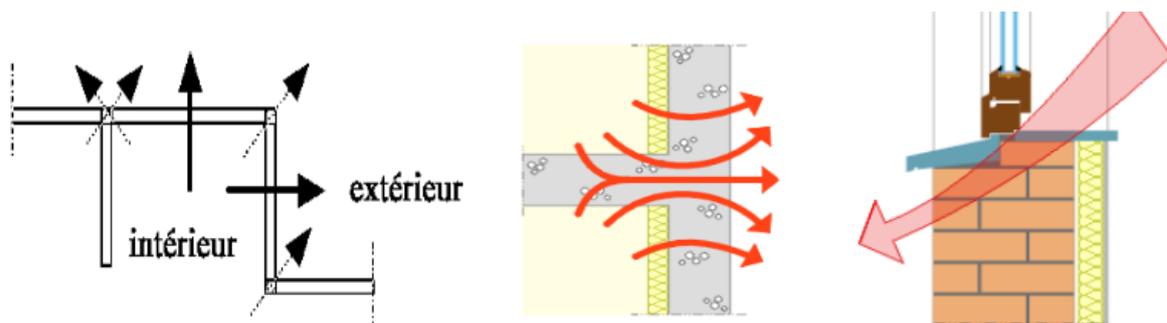


Figure 27: Ponts Thermiques[34]

2.15.10 Système de chauffage

Le chauffage est une action de système qui permet d'injecter de la chaleur dans les volumes intérieurs pour ramener leur température d'ambiance à un niveau de confort thermique d'hiver réglementaire (DTR C3.2 ; température intérieure de confort = 20°C).

Dans une habitation, le chauffage permet de répondre aux besoins de confort thermique des habitants en hiver. De plus, c'est un équipement qui assure la production et la fourniture d'eau chaude sanitaire.

Modes de chauffage

- Chauffage électrique
- Chauffage à eau chaude (ou vapeur chaude)
- Chauffage à air chaude

Le mode de chauffage dépend de ;

- Typologie du bâtiment et l'enveloppe.
- Fonction du bâtiment
- Energie disponible

Les systèmes de chauffage sont classés selon ;

- Mode de production de la chaleur
- Source d'énergie
- Fluide caloporteur
- Mode d'émission de chaleur

Un système de chauffage est composé de quatre éléments principaux ;

- i. Source d'énergie (chaleur)
- ii. Transport (distribution) de chaleur
- iii. Emetteur de chaleur
- iv. La régulation

2.15.11 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons montré les généralités mécaniques et thermique des bâtiments comme les différents matériaux et notions.

Chapitre 3 : ETUDE DE LA STRUCTURE DE BATIMENT

3.1 INTRODUCTION

Ce chapitre comprend les différentes études structurelles ; prédimensionnement des éléments structuraux, évaluation des différentes charges, étude dynamique et optimisation à l'aide d'ETABS, et les justifications à faire.

3.2 PREDIMENSIONNEMENT ET EVALUATION DESCENTE DES CHARGES

3.2.1 Introduction :

Le prédimensionnement a pour but “le pré calcul“ des sections des différents éléments résistants. Il sera fait selon les règles du BAEL 91 et le RPA 99 modifié **2003**, pour arriver à déterminer une épaisseur économique afin d'éviter un sur plus d'acier et du béton. Les résultats obtenus ne sont pas définitifs, ils peuvent être augmentés après vérifications dans la phase du dimensionnement.

3.2.2 Prédimensionnement des éléments structuraux :

3.2.2.1 Les Poutres :

Les poutres sont des éléments porteurs en béton avec des armatures en acier incorporé, servant de base à transmettre les charges aux poteaux.

Le prédimensionnement des poutres est effectué selon les formules de BAEL91 et vérifié selon le RPA99 version 2003 :

- Selon BAEL91 :
 - $L/15 \leq h \leq 1/10$
 - $0.3h \leq b \leq 0.7h$

- Vérification d'après RPA99 version 2003 :
 - $b \geq 20\text{cm}$
 - $h \geq 30\text{cm}$
 - $h/b \leq 4$

Avec ; L : la portée de la poutre.

h : la hauteur de la poutre.

3.2.2.2 Les poutres longitudinales :

$$L = L_{1\text{max}} = 375 \text{ cm}$$

Par BAEL 91 :

$$\frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10} \Rightarrow 25 \leq h \leq 37.5$$
$$9 \leq b \leq 21$$

On prend : **h = 30 cm**

$$\mathbf{b = 30\ cm}$$

➤ Vérification d'après RPA99 version 2003 :

- $b = 30\text{cm} > 20\text{cm}$ Vérifié
- $h = 30\text{ cm} \geq 30\text{cm}$ Vérifié
- $\frac{h}{b} = 1 \leq 4$ Vérifié

Donc, on choisit une poutre de section ”**30x30**”

3.2.2.3 Les poutres transversales :

$$L = L_{\max} = 605\text{ cm}$$

Par BAEL 91 :

$$L/15 \leq h \leq L/10 \Rightarrow 40.33 \leq h \leq 60.5$$

$$13.5 \leq b \leq 31.5$$

On prend : **h = 45 cm**

$$\mathbf{b = 30\ cm}$$

➤ Vérification d'après RPA99 version 2003 :

- $b = 30\text{cm} > 20\text{cm}$ Vérifié
- $h = 45 > 30\text{cm}$ Vérifié
- $\frac{h}{b} = \frac{45}{30} = 1.5 \leq 4$ Vérifié

Donc, on choisit une poutre de section ”**30x45**”

3.2.3 Plancher en Dalle Pleine :

Les planchers sont des éléments plans horizontaux, séparant les niveaux d'une structure et supposées être infiniment rigides dans leur plan. Il a pour fonction de :

- Transmettre les charges aux éléments porteurs d'un bâtiment.
- Assurant l'isolation des différents étages du point de vue thermique et phonique.

On appelle panneau de dalle, les plancher en dalle pleine, limité par des appuis :

$$\rho = \frac{L_x}{L_y}$$

Tel que : L_x : la plus petite dimension du panneau entre nus d'appuis.

L_y : la plus grande dimension du panneau entre nus l'appuis.

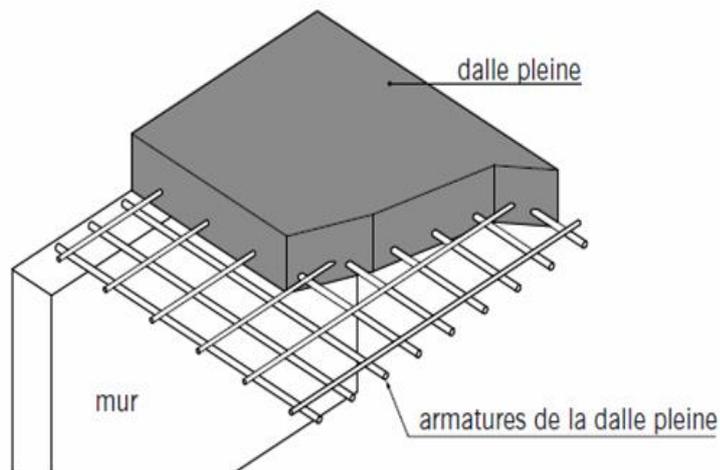


Figure 28 : Schéma de la dalle pleine {FORTAS El djouher et al, 2020}

Dalle pleine	03 et 04 appui	
L (cm)	605	370
e(cm)	15.13/ 20.17	9.25/ 7.40
	20	20

Tableau 15 : Dalle Pleine (DP1) = 20 cm

3.2.4 Dalle Ascenseur :

La dalle d'ascenseur est une dalle pleine, qui reprend un chargement important par rapport à celle des dalles de l'étage courant ou terrasse, cela est due au mouvement de l'ascenseur ainsi qu'à son poids, en tenant compte de la variation des efforts de la machine par rapport à la dalle.

La dalle d'ascenseur doit avoir une certaine rigidité vu le poids de la machine.

- Le moteur (machine)
- Dalle supportant la machine
- Cabine d'ascenseur

Lx = 200 cm et Ly = 200 cm

3.2.4.1 Résistance à la flexion :

$$L/40 \geq esp \geq L/50$$

Avec L_{max} entre L_x et L_y $\frac{200}{40} \geq eps \geq \frac{200}{50} = 5 \text{ cm} \geq eps \geq 4 \text{ cm}$

Dalle pleine		03 et 04 appui	
L (cm)	200 cm		
e(cm)	5.00 cm	4.00 cm	
	15		

Tableau 16 : Dalle Pleine (DP2) = 15 cm

3.2.4.2 Condition de l'E.N. A :

L'entreprise nationale des ascenseurs (E.N.A) préconise épaisseur min=20 cm.

On prend : épaisseur (e) = **20 cm**. L'ascenseur est un élément mécanique qui sert à transporter les personnes ou charges. Vu le nombre assez important d'étage, un ascenseur est obligatoire afin d'assurer le confort et le bien être des usagers.

L'ascenseur est composé de trois constituants essentiels :

- Le treuil de levage et sa poulie
- La cabine ou la benne
- Le contre-poids

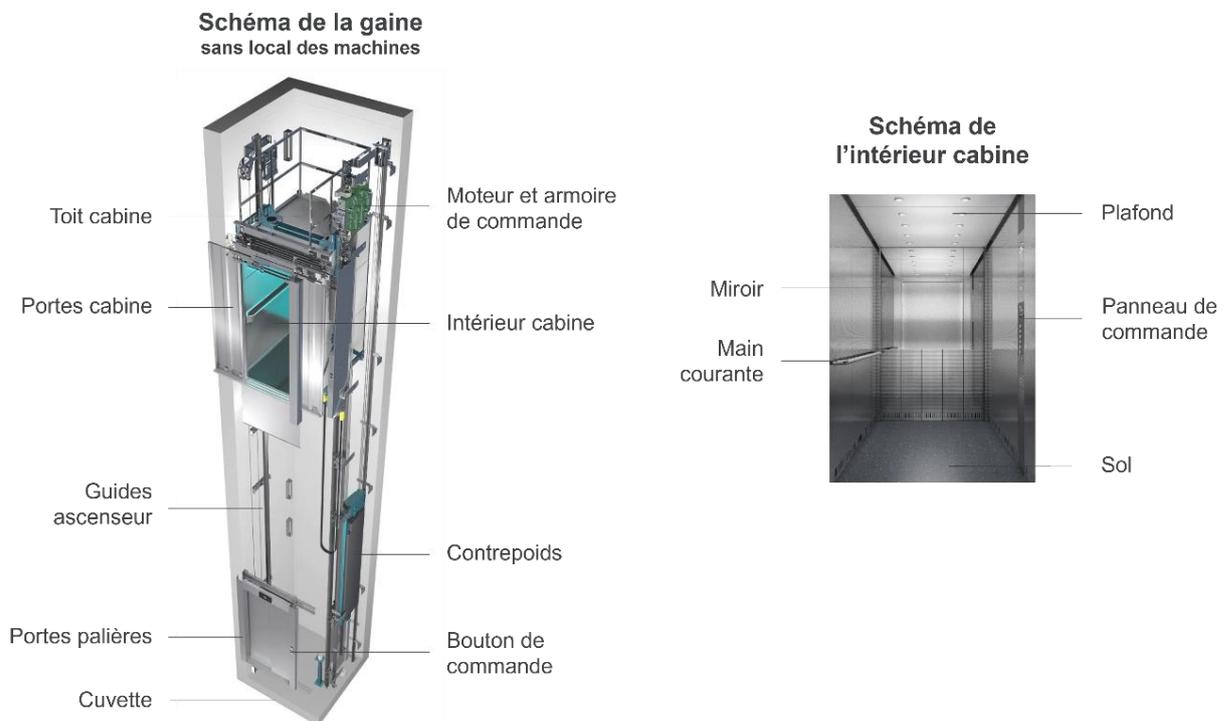


Figure 29 : Schéma de composition d'un ascenseur {www.kone.fr}

3.2.5 Prédimensionnement des Voiles :

Prédimensionnement de murs en béton armé justifié par R.P.A 99 versions 2003 ; Préconisés des voiles les éléments satisfaisantes à la condition $L \geq 4e$.

Les voiles sont des éléments porteurs en béton armé ayant deux fonctions principales :

- Les charges verticales : prendre et transmettre des charges permanentes et surcharges
- Les charges horizontales : prendre et transmettre les efforts au séisme et au vent. Les voiles assurant le contreventement de la structure.

L'épaisseur doit être déterminée en fonction de la hauteur libre d'étage H_e et des conditions de rigidité des extrémités comme indiqué à la figure.

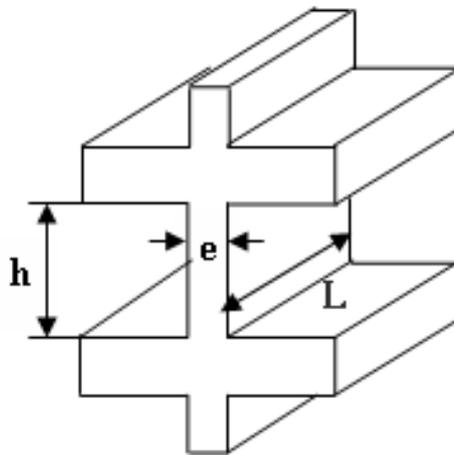


Figure 30 : Schéma de coupe de voile en élévation

Avec :

- **e** : épaisseur du voile
- **H_i** : Hauteur libre d'étage
- **L_{max}** : Longueur du voile

D'après RPA99/ version 2003, l'épaisseur minimale de voile périphérique « e » est de 15 cm : il doit vérifier les conditions suivantes :

H_i = 340 cm

- $e \geq \frac{H_i}{20} = \frac{340}{20} = 17cm$ (Libre)
- $e \geq \frac{H_i}{22} = \frac{340}{22} = 15cm$ (Rigidee 1 extrimee)
- $e \geq \frac{H_i}{25} = \frac{340}{25} = 14cm$ (Rigidee 2 extrimee)

On adopte pour tous les voiles une épaisseur d'épaisseur : **e = 30 cm**

3.2.6 LES ESCALIERS :

3.2.6.1 Définition Générale :

Un escalier est un élément constitué d'une succession de gradins permettant le passage à pied entre les différents niveaux. Ou bien, il sert à relier deux différents niveaux d'une construction.

La cage d'escalier est située à l'intérieur du bâtiment et l'escalier adopté est du type coulé en place dont la paillasse viendra s'appuyer sur les paliers.

3.2.6.2 Composition d'un Escalier :

Il est caractérisé par :

- La montée ou la hauteur d'escalier (H).
- La hauteur d'une marche (h).
- Le giron : la largeur de marche (g).
- L'emmarchement : la largeur de la volée (b).
- Le contre marche : la partie verticale d'une marche.
- La paillasse : plafond qui monte sous marches.
- Le palier : la partie horizontale.
- La volée : suite ininterrompues des marches.

3.2.6.3 Dimensionnement d'Escalier :

Le choix de dimension en fonction de la condition d'utilisateur et de destination de l'ouvrage ; pratiquement on doit remplir les conditions suivantes :

- Pour passer d'un étage à l'autre difficilement, on prend « **h** » entre 14 et 20cm :

$$14\text{cm} \leq h \leq 20\text{cm}$$

Et « **g** » entre le 22 cm et 33cm : $22\text{cm} \leq g \leq 33\text{cm}$

- Pour vérifier que la condition convient, on utilise la formule empirique de « *BLONDEL* » : $g+2h=m$

Avec : $59\text{cm} \leq m \leq 66\text{cm}$

Dans notre cas nous avons :

$$14\text{ cm} \leq h = 17\text{ cm} \leq 20\text{cm}$$

$$22\text{ cm} \leq g = 30\text{ cm} \leq 33\text{cm}$$

$$59\text{ cm} \leq g+2h = 64\text{cm} \leq 66\text{cm}$$

Donc on adopte : $h = 17\text{ cm}$

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

Figure 8 : Schéma simplifié de l'escalier

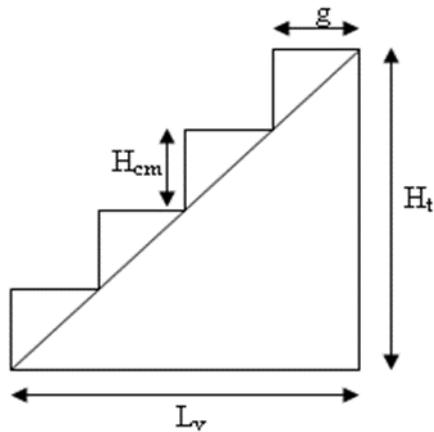


Figure 31 : Schéma simplifié d'escalier

➤ **Nombre de contre marche et de marche :**

H : hauteur libre d'étage

$$N_{c.m} = H/2h$$

$$N_{c.m} = 3.06/2*17 = 9 \text{ contre marches}$$

$$N_{c.m} = 3.40/2*17 = 10 \text{ contre marches}$$

$$N_m = N_{c.m} - 1 = 8 \text{ marches.}$$

$$N_m = N_{c.m} - 1 = 9 \text{ marches}$$

➤ **La longueur de la volée :**

$$L_v = N_m - g = 8 * 30 = 240 \text{ cm}$$

$$L_v = N_m - g = 9 * 30 = 270 \text{ cm}$$

➤ **L'angle d'inclinaison :**

$$\tan \alpha = H/2/L = 153/240 = 0.637$$

$$\tan \alpha = H/2/L = 170/270 = 0.630$$

$$\alpha = \cotg (0,637) = 32,52^\circ$$

$$\alpha = \cotg (0,637) = 32,2^\circ$$

➤ **L'épaisseur de la paillasse :**

Il est calculé suivant la condition

$$L/30 \leq e \leq L/20$$

$$L = (l^2 + H^2)^{1/2} = (204^2 + 153^2)^{1/2} = 284,62 \text{ cm}$$

$$L = (l^2 + H^2)^{1/2} = (270^2 + 170^2)^{1/2} = 319,06 \text{ cm}$$

$$284,62/30 \leq e \leq 284,62/20$$

$$319,06/30 \leq e \leq 319,06/20$$

$$9,487 \text{ cm} \leq e \leq 14,231 \text{ cm}$$

$$10,64 \text{ cm} \leq e \leq 15,953 \text{ cm}$$

On adopte : $e = 15 \text{ cm}$ (Pour les raisons de la vérification de la flèche)

➤ **Les dimensions des escaliers doivent satisfaire aux conditions suivantes :**

Escalier		
L (cm)	390	
	13	19.5
H (cm) ≥ 15	15	

Tableau 17 : Epaisseur de paillasse des escaliers

3.3 EVALUATION ET DESCENTE DES CHARGES

3.3.1 Introduction :

Pour l'obtention d'une bonne résistance et d'une bonne stabilité de l'ouvrage, il est nécessaire d'uniformiser la distribution des charges au niveau de tous les éléments porteurs de charges des planchers.

La descente de charge est le chemin suivi par les différentes actions (charge et surcharge) suivant la direction du plus haut niveau au plus bas avant sa transmission au sol, on effectuera la descente sur les voiles :

3.3.2 La loi de dégression (DTR -BC 2-2)

Comme il est rare que les charges d'exploitations agissent simultanément on applique la loi de dégression qui consiste dans notre cas à réduire les charges identiques à chaque étage de 10% à 0.5Q.

Q0 : la surcharge d'exploitation sur la terrasse inaccessible.

Donc la loi de dégression sera comme suit :

Niveau 0 : Q_0

Niveau 1 : Q_0+Q_1

Niveau 2 : $Q_0+0.95 (Q_1+Q_2)$

Niveau 3 : $Q_0+0.90 (Q_1+Q_2+Q_3)$

Niveau 4 : $Q_0+0.85 (Q_1+Q_2+Q_3+Q_4)$

Niveau 5 : $Q_0+0.8 (Q_1+Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5)$

Niveau 6 : $Q_0+0.75 (Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6)$

Niveau 7 : $Q_0+0.71 (Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6+Q_7)$

Niveau 8 : $Q_0+0.68 (Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6+Q_7+Q_8)$

Niveau 9 : $Q_0+0.66 (Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6+Q_7+Q_8+Q_9)$

3.3.3 Les charges réglementaires :

Les charges réglementaires sont en général de :

- Les charges permanentes qui présentent le poids mort.
- Les charges d'exploitation ou surcharges.

3.3.3.1 Les charges permanentes (G) :

Il s'agit de prendre en compte le poids réel des éléments mis en œuvre pour construire le bâtiment. Là encore, afin d'uniformiser et faciliter les procédures de calcul, le législateur a fourni des listes de poids volumiques en fonction des matériaux utilisés. Ces listes sont disponibles dans le Document Technique Réglementaire (DTR B.C 2.2).

3.3.3.2 Les charges d'exploitation :

Tout bâtiment entre dans une catégorie réglementaire et doit être capable de supporter les charges et sollicitations correspondant à une utilisation "normale" pour faciliter la prise en compte de chargement sans avoir à les recalculer systématiquement, le législateur a choisi de définir des charges réglementaires celles-ci sont présentées dans le D.T.R des charges permanentes et charge d'exploitations.

3.3.4 Evaluation des charges :

La descente de charge a pour but de déterminer les charges et les surcharges revenant à chaque élément porteur au niveau de chaque plancher.

3.3.4.1 Niveau Terrasse Inaccessible :

- **Charges permanentes**

Plancher en dalle pleine épaisseur =20cm

<i>Matériaux</i>	<i>Epaisseur (cm)</i>	<i>Poids volumiques (KN /m³)</i>	<i>Poids (KN/m²)</i>
1-Gravillon de protection	5	18	0.90
2-Etanchéité multicouche	0.02	6	0.12
3-+Isolation	4	5	0.20
4-Beton de la Forme de pente	10	22	2.2
5-Dalle pleine en BA	20	25	5.00
6-Enduit de ciment	2	18	0.36

Tableau 18 : Charges permanentes de dalle pleine d'épaisseur 20 cm

- Gravillon de protection 5 cm..... 90 daN/m²
- Béton de la forme de pente (épaisseur moyenne =10cm)220 daN/m²
- Etanchéité en multiple couche +par vapeur en feutre.....12daN/m²
- Isolation thermique en polystyrène expansé (4cm)20 daN/m²
- Dalle pleine (20) cm 500 daN/m²
- Enduit de ciment..... 36 daN/m²

Gt=8.78 kN/m²(avec Poids propre)

Gt=3.78 kN/m²(sans Poids propre)

➤ **Charges d'exploitation : Qt=1.00kN/m²**

3.3.4.2 Niveau Terrasse Accessible en RDC :

➤ **Charges permanentes**

Plancher en dalle pleine épaisseur =20cm :

- Carrelage.....44 daN/m²
- Mortier de pose + Sable Fin..... 60 daN/m²
- Béton de la forme de pente (épaisseur moyenne=10cm)220 daN/m²
- Etanchéité en multiple couche + par vapeur en feutre.....12daN/m²
- Isolation thermique en polystyrène expansé (4cm)20 daN/m²
- Dalle pleine (20) cm 500 daN/m²

- Enduit de ciment.....36 daN/m²

Gt=8.92 kN/m² ... (avec Poids propre)

Gt=3.92 kN/m² ... (sans Poids propre)

➤ **Charges permanentes de la souche**

- Mur en béton (15cm)750 daN/ml
- Etanchéité en multiple couche + par vapeur en feutre.....12 daN/ml
- +Isolation thermique en polystyrène expansé (4cm)20 daN/ ml
- Enduit de ciment.....36 daN/ ml

Gt=8.18 kN/ ml

➤ **Charges d'exploitation : Qt=1.00kN/m²**

3.3.4.3 Niveau Etage Courante :

➤ **Charges Permanentes**

Plancher en dalle pleine épaisseur =20cm :

Matériaux	Epaisseur (cm)	Poids volumiques (KN /m ³)	Poids (KN/m ²)
1-Carrelage	2	22	0.44
2-Mortier de pose + Couche de sable	2	30	0.60
3- Enduit de ciment	2	18	0.36
4-Dalle pleine	20	25	5.00
6-Brique creux	10	-	1.00

Tableau 19 : Charges permanentes de dalle pleine d'épaisseur 20 cm

- Carrelage..... 44 daN/m²
- Mortier de pose + Sable Fin..... 60 daN/m²
- Enduit de ciment..... 36 daN/m²
- Dalle pleine (20) cm500 daN/m²
- Cloison de 10cm.....100 daN/m²

Gt=7.40 kN/m² ... (avec poids propre et cloison)

Gt=6.15 kN/m² ... (avec poids propre et sans cloison)

Gt=2.40 kN/m² ... (sans poids propre et avec cloison)

Gt=1.40 kN/m² ... (sans poids propre et sans cloison)

➤ **Charges d'exploitation :**

Qt=1.50kN/m² (habitation)

Qt=1.50kN/m² (balcon)

Qt=5 kN/m² (commerce)

3.3.4.4 Niveau Sous-Sol :

➤ **Charges Permanentes**

Plancher en dalle pleine épaisseur =20cm :

- Carrelage..... 44 daN/m²
- Mortier de pose +S able Fin..... 60 daN/m²
- Enduit de ciment..... 36 daN/m²
- Dalle pleine (80) cm.....2000 daN/m²

Gt=21.40 kN/m² ... (avec poids propre)

Gt=1.40 kN/m² ... (sans poids propre)

Plancher en dalle pleine entrée sous-sol épaisseur = 20cm :

- Forme de pente de correction (5cm) 100 daN/m²
- Dalle pleine (20cm)..... 500 daN/m²
- Enduit de ciment..... 36 daN/m²

Gt=6.36 kN/m² ... (avec poids propre)

Gt=1.36 kN/m² ... (sans poids propre)

➤ **Charges d'exploitation :**

- Qt=3.50kN/m² (Radier + forme de pente entrée sous-sol)

3.3.4.5 Maçonnerie :

➤ **Brique double parois (30cm)**

- Enduit extérieur en ciment (2cm)36daN/m²
- Cloisons extérieures (15cm) 130daN/m²
- Vide d'aire (5cm)00daN/m²

- Cloisons intérieures (10cm)90daN/m²
- Enduit intérieur en ciment36daN/m²

$$Gt=2.92 \text{ kN/m}^2$$

➤ **Brique simple parois (10cm)**

- Enduit extérieur en ciment36daN/m²
- Cloisons intérieures (10cm)90daN/m²
- Enduit intérieur en ciment36daN/m²

$$Gt=1.62 \text{ kN/m}^2$$

➤ **Brique simple parois (15cm)**

- Enduit extérieur en ciment36daN/m²
- Cloisons intérieures (15cm) 130daN/m²
- Enduit intérieur en ciment36daN/m²

$$Gt=2.02 \text{ kN/m}^2$$

3.3.4.6 Les Escaliers :

Escalier (15cm)

➤ **Charges Permanentes**

Palier :

- Carrelage 44 daN/m²
- Mortier de pose + Sable Fin60 daN/m²
- Poids propre 375daN/m²
- Enduit intérieur en ciment 36daN/m²

$$Gt=1.40 \text{ kN/m}^2 \text{ (sans poids propre)}$$

Volée :

- Carrelage verticale et horizontale 66 daN/m²
- Mortier de pose + Sable Fin 90 daN/m²
- Poids propre des marches..... 219 daN/m²
- Poids propre de la paillasse..... 375daN/m²
- Enduit intérieur en ciment36daN/m²

$$Gt=4.11 \text{ kN/m}^2 \text{ (sans poids propre)}$$

➤ **Charges d'exploitation :**

$$Q=2.50 \text{ kN/m}^2$$

3.3.4.7 LES ACROTÈRES :

Définition :

L'acrotère est un élément structural contournant le sommet du bâtiment conçu pour la protection de la ligne conjonctive entre lui-même et la forme de pente contre l'infiltration des eaux pluviales.

Il est réalisé en béton armé, soumise à son poids propre et a une surcharge horizontale due à la main courante. Il est assimilé à une console encastrée au plancher terrasse. La section la plus dangereuse se trouve au de l'encastrement. Le calcul se fera flexion composée dans la section d'encastrement pour une bande de 1m linéaire.

L'acrotère est composé aux intempéries, donc la fissuration est préjudiciable, alors le calcul se fera à l'ELS :

➤ Évaluation des charges :

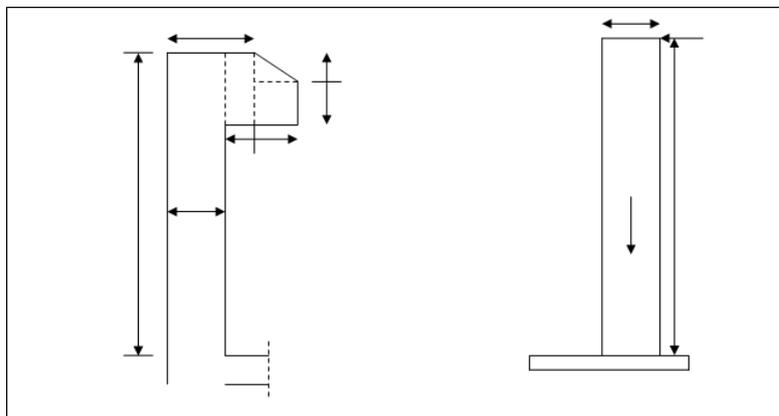


Figure 32 : Schéma d'un acrotère

$$S = 0,075\text{m}^2$$

$$P = 1.555 \text{ ml}$$

➤ Charges permanentes :

- Protection propre1.875 kN/ml
- Enduit en ciment (2cm)0,56 kN/ml

$$G=2.435 \text{ kN/ml}$$

➤ Surcharge d'exploitation : $Q=1,00\text{kN/ml}$

3.3.4.8 Les Ascenseurs :

➤ Ascenseur d'habitation :

- Dimension interne de la gaine au min=**1.50x1.80**

- Le poids propre de cabine +moteur+2 câbles
 $G_t=9.10 \text{ kN}/ (1.50*1.80) =3.38\text{kN/m}^2$
- **Surcharge de 06 personnes :** $Q_t=4.50/ (1.50*1.80) =1.67\text{kN/m}^2$

3.4 MODELISATION DE LA STRUCTURE

3.4.1 Introduction :

Un séisme se produit lorsque l'énergie potentielle accumulée dans les roches est brutalement libérée en raison des mouvements relatifs des différentes parties de l'écorce terrestre. Lorsque les contraintes atteignent un seuil, une rupture d'équilibre se produit et donne naissance aux sismiques qui se propagent dans toutes les et atteignent la surface du sol. Ces mouvements du sol peuvent provoquer des déplacements des structures et leur intensité varie en fonction de différents facteurs. L'amplification des mouvements dépend principalement de la période de la période de la structure et de la nature du sol.

En Algérie, la conception parasismique des structures est régie par le document technique réglementaire **D.T.R.B.C.2.D.48** nommé **RPA99V2003**. L'objectif global de cette étude sismique est de définir la structure la plus adéquate qui est capable de subir, sans s'effondrer, les déformations engendrées par l'action sismique.

Ce bâtiment est conçu suivant le système voiles-dalles avec poutres noyées et poutres périphériques. On a utilisé le logiciel « **ETABS** » pour modéliser et interpréter les résultats de cette structure en chapitre 1 :

3.4.2 Calcul de Facteur de qualité Q

3.4.2.1 Conditions minimales sur les files de contreventement :

D'après le RPA99, chaque file de portique doit comporter à tous les niveaux au moins trois travées dont le rapport des portées est $< 1,5$.

Sens longitudinal (2travées) : Critère non observé $pq = 0.05$

Sens transversal (1 travée) : Critère non observé $pq = 0.05$

3.4.2.2 Redondance en plan :

Chaque étage devra avoir ; en plan ; au moins (4) files de portiques ; ces files de contreventement devront être disposés symétriquement autant que possible avec un rapport entre valeur maximale et minimale d'espacement ne dépassant pas 1,5.

- **Sens longitudinal (2travées) : Critère non observé $pq = 0.05$**

- **Sens transversal (1 travée) : Critère non observé $pq = 0.05$**

3.4.2.3 Régularité en plan :

- Le bâtiment présente une configuration sensiblement symétrique vis-à-vis de deux directions orthogonales.
- L'excentricité ne dépasse pas les 15 % de la dimension du bâtiment mesurée perpendiculairement à la direction de l'action sismique considérée.
- La structure a une forme compacte La somme des dimensions de parties rentrantes ou saillantes du bâtiment dans une direction donnée n'excède pas 25 %.
- La surface totale des ouvertures de plancher doit rester inférieure à 15% de celle de ce dernier.
- Donc : critère non observé $pq = 0.05$

3.4.2.4 Régularité en élévation :

- Le système de contreventement ne doit pas comporter d'élément porteur vertical discontinu, dont la charge ne se transmette pas directement à la fondation.
- Aussi bien la raideur. Que la masse des différents niveaux restent constants ou diminuent progressivement et sans chargement brusque de la base au sommet du bâtiment
- Dans le cas de décrochements en élévation, la variation des dimensions en plan du bâtiment entre deux niveaux successifs ne dépasse pas 20% dans les deux directions de calcul et ne s'effectue que dans le sens d'une diminution avec la hauteur. La plus grande dimension latérale du bâtiment n'excède pas 1,5 fois sa plus petite dimension.

Toutefois, au dernier niveau, les éléments d'ouvrage, tels que buanderies, salle de machines d'ascenseurs etc. pourront ne pas respecter les deux dernières règles et être calculés conformément aux prescriptions relatives aux éléments secondaires.

- Donc : critère non observé $pq = 0.05$

3.4.2.5 Contrôle de la qualité des matériaux :

On suppose que les matériaux utilisés dans notre bâtiment sont contrôlés donc : $pq = 0$

3.4.2.6 Contrôle de la qualité de l'exécution

Il est prévu contractuellement une mission de suivi des travaux sur chantier. Cette mission doit comprendre notamment une supervision des essais effectués sur les matériaux.

- On considère que ce critère est observé : $pq = 0$

Critère q	Pq	
	xx	yy
1. Conditions minimales sur les files de contreventement	0.05	0.05
2. Redondance en plan	0.05	0.05
3. Régularité en plan	0.05	0.05
4. Régularité en élévation	0.05	0.05
5. Contrôle de la qualité des matériaux	0	0
6. Contrôle de la qualité de l'exécution	0	0

Tableau 20 : Détermination de facteur de qualité Q

➤ La valeur de Q est déterminée par la formule :

$$Q = 1 + \sum_1^5 Pq$$

$$Q_x = 1 + 0.05 + 0.05 + 0.05 + 0.05 = 1.2$$

$$Q_y = 1 + 0.05 + 0.05 + 0.05 + 0.05 = 1.2$$

3.4.3 Vérification et justification d'ensemble :

3.4.3.1 Justification Du Choix De Coefficient De Comportement :

Le coefficient de comportement R=3.5 car le système est un Portiques auto stables avec remplissages en maçonnerie rigide.

3.4.3.2 Calcul les paramètres sismiques

JUSTIFICATION D'ENSEMBLE :			
Longueur totale du bâtiment	Lx(m) =	16.88	
Largeur totale du bâtiment	Ly (m) =	13.80	
Hauteur totale du bâtiment mesurée à partir de la base (m) =	Ht (m) =	31.28	
Poids total de la structure	Wt (t) =	3412.02	

A	Qx	Qy	R	ξ %	Cat de site	CT	B.C.Cyy	B.C.Cxx
0.15	1.2	1.2	3.5	10	3	0.05	0.0815	0.0815
N>0.7	T'		T'	T		T2	T1	T2/T
	xx	yy		xx	yy			
0.764	0.685	0.758	0.661	0.661	0.661	0.5	0.15	0.756
T2/T		D						
xx	yy	xx	yy					
0.756	0.756	1.585	1.585					

Tableau 21 : Calcul des paramètres sismiques

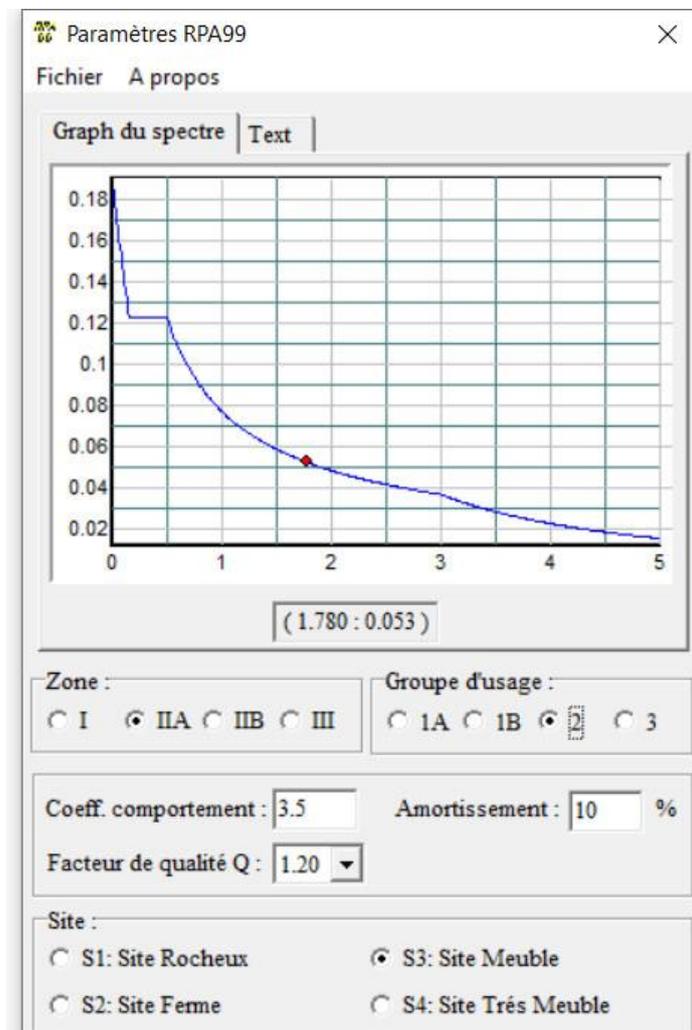


Figure 33 : Graph du spectre

3.4.3.3 Justification vis à vis de la ductilité (art : 5.4 rpa99/2003) :

Toutes les dispositions constructives relatives au matériau et aux éléments structuraux relative la ductilité minimale sont satisfaites à savoir :

Contrainte limite du béton en compression σ_{bc} est donnée par :

$$\sigma_{bc} = (0,85 / \theta \cdot \gamma_b) f_{c28}$$

Avec :

$\gamma_b = 1,15$ (situation durable)

$\gamma_b = 1,15$ (situation accidentelle)

- Béton armé : Pour les éléments principaux, le béton doit avoir une résistance f_{c28} au moins égale à 20 MPa et au plus égale à 45 MPa, Dans notre cas le F_{c28} est égal 27 MPa.
- Aciers : Excepté pour les armatures transversales, les armatures pour béton armé des éléments principaux doivent être à haute adhérence, avec une limite d'élasticité spécifiée inférieure ou égale à 500 MPa. L'allongement total relatif sous charge maximale spécifiée doit être supérieur ou égal à 5%. Dans notre projet le FeE 500 pour les armatures longitudinales et FeE500 pour les armatures transversales.
- Matériaux (éléments secondaire) : La qualité des matériaux utilisés dans la construction joue un rôle important dans la résistance aux efforts sismiques.

Les matériaux constitutifs sont :

- Pierres de taille
- Briques et blocs de terre cuite
- Blocs en béton (parpaing plein ou creux)
- Mortier
- Armatures métalliques

Doit établir un document donnant les caractéristiques physiques et mécaniques du matériau en particulier la résistance caractéristique à la rupture en compression.

1. Blocs de pierre : A défaut de détermination expérimentale, la résistance caractéristique en compression est prise égale à la valeur minimale communément admise en fonction de la catégorie de roche d'origine
2. Briques, blocs de terre cuite et de béton : Les caractéristiques physiques et mécaniques de ces matériaux, et en particulier la résistance en compression, doivent être conforme aux normes y afférentes.

3. Mortiers : Les mortiers utilisés pour les constructions des structures en maçonnerie seront à base de ciment ou ciment - chaux hydraulique et leur résistance minimale caractéristique à la compression sera de 5 MPa.
4. Armatures : Les armatures sont celles prévues pour le béton armé et sont définies par les normes ; la valeur de la résistance caractéristique à utiliser dans les calculs étant la limite d'élasticité f_e .
5. Béton : Pour les éléments en béton armé faisant partie du système structural, la résistance caractéristique minimale à la compression exigée est de 16.2 MPa.

3.4.3.4 Justification de la stabilité des fondations (RPA99/2003) :

- Les points d'appui sont solidarisés par un réseau bidirectionnel de longrines relatif de ces points d'appui dans le plan horizontal.
- Les dimensions minimales de la section transversale des longrines sont : 25 cm x 30 cm : sites de catégorie S3.
- Notre projet en question est constitué par un bloc avec un système de fondations de semelles isolées qui assure un ensemble monolithe constitué par un réseau des longrines reliant les têtes des avant poteaux.

3.4.3.5 Justification Vis A Vis De Diaphragmes :

La force sismique exercée sur le diaphragme sera bornée comme suit :

Sens X-X :

Niveau	Ft	Wt(T)	Wk(T)	Fk(T)	FP(T)	A	0.8 A WPk	1.6 A WPk	Observation
STORY1	0	3412.02	404.69	6.57	32.98	0.15	48.56	97.13	C N V
STORY2		3007.33	343.60	11.16	31.02		41.23	82.46	C N V
STORY3		2663.73	336.75	15.87	32.91		40.41	80.82	C N V
STORY4		2326.98	336.75	20.79	35.38		40.41	80.82	C N V
STORY5		1990.22	336.75	25.71	37.85		40.41	80.82	C N V
STORY6		1653.47	336.43	30.61	40.28		40.37	80.74	C N V
STORY7		1317.04	336.75	35.56	42.79		40.41	80.82	C.V
STORY8		980.29	336.75	40.49	45.27		40.41	80.82	C.V
STORY9		643.54	334.49	45.11	47.45		40.14	80.28	C.V
STORY10		309.04	309.04	46.19	46.19		37.08	74.17	C.V

Tableau 22 : Justification vis-à-vis de diaphragmes

Sens Y-Y :

Niveau	Ft	Wt(T)	Wk(T)	Fk(T)	FP(T)	A	0.8 A WPk	1.6 A WPk	Observation
STORY1	0	3412.02	404.69	6.57	32.98	0.15	48.56	97.13	C N V
STORY2		3007.33	343.60	11.16	31.02		41.23	82.46	C N V
STORY3		2663.73	336.75	15.87	32.91		40.41	80.82	C N V
STORY4		2326.98	336.75	20.79	35.38		40.41	80.82	C N V
STORY5		1990.22	336.75	25.71	37.85		40.41	80.82	C N V
STORY6		1653.47	336.43	30.61	40.28		40.37	80.74	C N V
STORY7		1317.04	336.75	35.56	42.79		40.41	80.82	C.V
STORY8		980.29	336.75	40.49	45.27		40.41	80.82	C.V
STORY9		643.54	334.49	45.11	47.45		40.14	80.28	C.V
STORY10		309.04	309.04	46.19	46.19		37.08	74.17	C.V

Tableau 23 : Justification vis-à-vis de diaphragmes

3.4.3.6 Justification vis à vis de la résultante des forces sismiques de calcul :

Méthodes	Vt Dynamique		Vt Statique		80% V Statique		Observation
	Ex	Ey	Ex	Ey	Ey	Ey	
V à la base	2135.14	2533.97	2772.72	2772.72	2218.18	2218.18	Condition non vérifiée

Tableau 24 : Justification vis-à-vis les forces sismiques

Donc il faudra augmenter tous les paramètres de la réponse suivant XX par 1.04 :

Méthodes	Vt Dynamique		Vt Statique		80% V Statique		Observation
	Ex	Ey	Ex	Ey	Ey	Ey	
V à la base	2220.54	2533.97	2772.72	2772.72	2218.18	2218.18	Condition est vérifiée

Tableau 25 : Augmentation des paramètres de la réponse

3.4.3.7 Justification vis-à-vis de la période numérique par apport à la période empirique :

Estimation de la période fondamentale $T_{\text{dynamique}} \leq 1.30 T_{\text{statique}}$

T (Dyn)		T empirique	
X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
0.80	0.60	0.86	0.86
T _{dynamique} <= 1.3 T _{statique}		Condition vérifiée	

Tableau 26 : Estimation de la période fondamentale

3.4.3.8 Justification vis-à-vis au Renversement :

Le moment de renversement qui peut être causé par l'action sismique doit être calculé par rapport au niveau de contact sol – fondation.

Le moment stabilisant sera calculé en prenant compte le poids total équivalent au poids de la construction, au poids des fondations et éventuellement au poids du remblai.

$\sum W_k \cdot b_k \geq \sum F_k \cdot h_k$ Avec W_k : Le poids calculée a chaque niveau (k)

$$W_k = W_{kG} + 0.2W_{kQ}$$

W_{kG} : poids du aux charges permanentes

W_{kQ} : poids duu aux charges d'exploitation

B_i : Centre de gravitee de la structure

$$B_k = (X_{kG} ; X_{kG})$$

H_k : La hauteur de l'étage k

F_k : La somme des forces sismiques à chaque étage k

$$F_k = (V - F_t) \cdot W_k \cdot h_k / (\sum W_k \cdot b_k)$$

$$F_t = 0.07 \cdot T \cdot V$$

$$V = Q \cdot D \cdot O \cdot W_t / R$$

T = La période de la structure

V : La force sismique totale statique

Sens X-X :

Niveau	$W_t(T)$	$W_k(T)$	$H_k(T)$	$W_i \cdot h_i$	$F_{kx}(T)$	$F_{kx} \cdot h_k$	$H_i(m)$	$W_k \cdot b_i$
STORY 1	3412.02	404.69	3.40	1375.95	6.575	22.35	8.80	3561.66
STORY 2	3007.33	343.60	6.80	2336.50	11.165	75.92	7.64	2625.12
STORY 3	2663.73	336.75	9.86	3320.39	15.866	156.44	7.63	2568.42
STORY 4	2326.98	336.75	12.92	4350.86	20.790	268.61	7.62	2565.39
STORY 5	1990.22	336.75	15.98	5381.32	25.714	410.92	7.61	2561.35
STORY 6	1653.47	336.43	19.04	6405.57	30.609	582.79	7.63	2567.27
STORY 7	1317.04	336.75	22.1	7442.257	35.562	785.93	7.67	2582.9
STORY 8	980.29	336.75	25.16	8472.723	40.486	1018.64	7.71	2596.71
STORY 9	643.54	334.04	28.22	9439.43	45.11	1272.88	6.22	2081.22
STORY 10	309.04	309.04	31.28	9666.81	46.19	1444.89	6.29	1943.56
		2786.49	31.28	58191.79		6039.39		21023.46

Tableau 27 : justification vis-à-vis renversement par rapport XX

Sens Y-Y :

Niveau	Wt(T)	Wk(T)	Hk(T)	Wi*hi	Fkx(T)	Fkx.hk	Hi(m)	Wk.bi
STORY 1	3412.02	404.69	3.40	1375.95	6.575	22.35	6.71	2714.65
STORY 2	3007.33	343.60	6.80	2336.50	11.165	75.92	6.27	2155.42
STORY 3	2663.73	336.75	9.86	3320.39	15.866	156.44	6.29	2116.50
STORY 4	2326.98	336.75	12.92	4350.86	20.790	268.61	5.83	1962.94
STORY 5	1990.22	336.75	15.98	5381.32	25.714	410.92	5.85	1968.33
STORY 6	1653.47	336.43	19.04	6405.57	30.609	582.79	5.92	1991.65
STORY 7	1317.04	336.75	22.1	7442.257	35.562	785.93	6.02	2026.92
STORY 8	980.29	336.75	25.16	8472.723	40.486	1018.64	6.12	2062.28
STORY 9	643.54	334.49	28.22	9439.43	45.11	1272.88	6.22	2081.22
STORY 10	309.04	309.04	31.28	9666.81	46.19	1444.89	6.29	1943.56
		2768.49	31.28	58191.79		6039.38		21023.46
Renversement Suivant YY est vérifié								
	$\sum Fk*hk$		6039.38					
	$\sum Wk*hk \geq \sum Fk*hk$							
	$\sum Wk*bi$		21023.46					

Tableau 28 : Justification vis-à-vis renversement par rapport YY

3.4.4 Calcul des déplacements et Justification vis à vis des déformations

Le déplacement horizontal à chaque niveau "k" de la structure est calculé comme suit :

$$\delta_k = R \delta_{ek}$$

δ_{ek} : déplacement dû aux forces sismiques F_i (y compris l'effet de torsion)

R : coefficient de comportement

Le déplacement relatif au niveau "k" par rapport au niveau "k-1" est égal à :

$$\Delta_k = \delta_k - \delta_{k-1}$$

Les déplacements relatifs latéraux d'un étage par rapport aux étages qui lui sont adjacents ne doivent pas dépasser 1.0% de la hauteur de l'étage à moins qu'il ne puisse être prouvé qu'un plus grand déplacement relatif peut être toléré.

Sens X-X :

Niveau	Diaphragme	Ux(m)	R δ_k (m)	hk(T)	1%.hk(m)	Observation
STORY1	D1	0.000050	0.00018	3.400	0.0340	Condition est vérifiée
STORY2	D2	0.000281	0.00081	3.400	0.0340	Condition est vérifiée

STORY3	D3	0.000467	0.00065	3.060	0.0306	Condition est vérifiée
STORY4	D4	0.000584	0.00041	3.060	0.0306	Condition est vérifiée
STORY5	D5	0.000660	0.00027	3.060	0.0306	Condition est vérifiée
STORY6	D6	0.000702	0.00015	3.060	0.0306	Condition est vérifiée
STORY7	D7	0.000716	0.00005	3.060	0.0306	Condition est vérifiée
STORY8	D8	0.000710	0.00002	3.060	0.0306	Condition est vérifiée
STORY9	D9	0.000692	0.00006	3.060	0.0306	Condition est vérifiée
STORY10	D10	0.000670	0.00008	3.060	0.0306	Condition est vérifiée

Tableau 29 : Justification vis-à-vis des déformations par rapport XX

Sens Y-Y :

Niveau	Diaphragme	Ux(m)	R_{dk}(m)	hk(T)	1%.hk(m)	Observation
STORY1	D1	0.000050	0.00018	3.400	0.0340	Condition est vérifiée
STORY2	D2	0.000281	0.00081	3.400	0.0340	Condition est vérifiée
STORY3	D3	0.000467	0.00065	3.060	0.0306	Condition est vérifiée
STORY4	D4	0.000584	0.00041	3.060	0.0306	Condition est vérifiée
STORY5	D5	0.000660	0.00027	3.060	0.0306	Condition est vérifiée
STORY6	D6	0.000702	0.00015	3.060	0.0306	Condition est vérifiée
STORY7	D7	0.000716	0.00005	3.060	0.0306	Condition est vérifiée
STORY8	D8	0.000710	0.00002	3.060	0.0306	Condition est vérifiée
STORY9	D9	0.000692	0.00006	3.060	0.0306	Condition est vérifiée
STORY10	D10	0.000670	0.00008	3.060	0.0306	Condition est vérifiée

Tableau 30 : Justification vis-à-vis des déformations par rapport YY

3.4.5 Justification des ouvrages de fondation :

3.4.5.1 Justification état limite de la durabilité :

Vu la proposition de la fissuration est préjudiciable donc la section d'armatures à l'état limite ultime de résistance est majorée respectivement de 10%.

3.4.5.2 Justification vis-à-vis de l'équilibre d'ensemble :

Cette condition d'équilibre se réfère à la stabilité d'ensemble du bâtiment ou de l'ouvrage, soumis à des effets de renversement et/ ou de glissement dus aux sollicitations résultant des combinaisons d'actions sismiques.

➤ Justification vis-à-vis au Renversement : L'excentricité $e = \frac{M_{renversement}}{W} < B/4$

Sens X-X :

NIVEAU	hei (m)	hi (m)	mi (t)	Wi (KN)	Wi x hi (KNxm)	Sens X-X				
						Vy	Fty	Vx-Ft	Fxi (KN)	Mrenv (KNxm)
STORY1	3.40	3.40	404.69	4046.88	13759.39	2780.66	0.00	2780.66	65.75	223.54
STORY2	3.40	6.80	343.60	3436.03	23364.98	2780.66	0.00	2780.66	111.65	759.21
STORY3	3.06	9.86	336.75	3367.54	33203.91	2780.66	0.00	2780.66	158.66	1564.42
STORY4	3.06	12.92	336.75	3367.54	43508.58	2780.66	0.00	2780.66	207.90	2686.11
STORY5	3.06	15.98	336.75	3367.54	53813.24	2780.66	0.00	2780.66	257.14	4109.15
STORY6	3.06	19.04	336.43	3364.27	64055.66	2780.66	0.00	2780.66	306.09	5827.88
STORY7	3.06	22.10	336.75	3367.54	74422.57	2780.66	0.00	2780.66	355.62	7859.29
STORY8	3.06	25.16	336.75	3367.54	84727.23	2780.66	0.00	2780.66	404.86	10186.38
STORY9	3.06	28.22	334.49	3344.94	94394.26	2780.66	0.00	2780.66	451.06	12728.84
STORY10	3.06	31.28	309.04	3090.41	96668.09	2780.66	0.00	2780.66	461.92	14448.94
			3412.021		5819 17.92					60393.75

Tableau 31 : Justification vis-à-vis de l'équilibre d'ensemble XX

Sens Y-Y :

NIVEAU	hei (m)	hi (m)	mi (t)	Wi (KN)	Wi x hi (KN.m)	Sens Y-Y				
						Vy	Fty	Vx-Ft	Fxi (KN)	Mrenv (KNxm)
STORY1	3.40	3.40	404.69	4046.88	13759.39	2780.66	0.00	2780.66	65.75	223.54
STORY2	3.40	6.80	343.60	3436.03	23364.98	2780.66	0.00	2780.66	111.65	759.21
STORY3	3.06	9.86	336.75	3367.54	33203.91	2780.66	0.00	2780.66	158.66	1564.42
STORY4	3.06	12.92	336.75	3367.54	43508.58	2780.66	0.00	2780.66	207.90	2686.11
STORY5	3.06	15.98	336.75	3367.54	53813.24	2780.66	0.00	2780.66	257.14	4109.15
STORY6	3.06	19.04	336.43	3364.27	64055.66	2780.66	0.00	2780.66	306.09	5827.88
STORY7	3.06	22.10	336.75	3367.54	74422.57	2780.66	0.00	2780.66	355.62	7859.29
STORY8	3.06	25.16	336.75	3367.54	84727.23	2780.66	0.00	2780.66	404.86	10186.38
STORY9	3.06	28.22	334.49	3344.94	94394.26	2780.66	0.00	2780.66	451.06	12728.84
STORY10	3.06	31.28	309.04	3090.41	96668.09	2780.66	0.00	2780.66	461.92	14448.94
			3412.02		581917.92					60393.75

Tableau 32 : Justification vis-à-vis de l'équilibre d'ensemble XX

	e (m)	B/4	Observation
XX	1.77	4.22	Condition est vérifié
YY	1.77	3.45	Condition est vérifié

Tableau 33 : Les résultats des conditions de vérifications

3.4.5.3 Stabilité au glissement :

La stabilité de la structure est assurée si la condition suivante est vérifiée :

$$\text{La force stabilisante } F_{\text{stab}} = \sum F_v \times \delta \geq F_{\text{instab}} = \sqrt{F_{h,x}^2 + F_{h,y}^2}$$

Où δ est le coefficient de frottement.

Fhx (kn)	Fhy (kn)	Fv (kn)	δ	Fstab (kn)	Fins (kn)	Observation
3533.07	1995.63	10876.41	0.5	5438.21	4057.72	Condition est vérifié

Tableau 34 : Stabilité au glissement

3.4.5.4 Justification état limite de l'équilibre statique :

Les points d'appui sont solidarisés par un réseau bidirectionnel de longrines relatif de ces points d'appui dans le plan horizontal.

- Les dimensions minimales de la section transversale des longrines sont : (30cm x 30cm) : sites de catégorie S1.
- Notre projet en question est constitué par blocs avec un système de fondations de semelles filantes entrecroisé qui assure un ensemble monolithe constitué par un réseau des longrines reliant les têtes des avant poteaux.

3.4.5.5 Justification vis-à-vis de dimensionnement du nœud vis-à-vis des moments fléchissant :

Dans le but de permettre la formation des rotules plastiques dans les poutres et non dans les poteaux

$$|M_n| + |M_s| \geq 1.25 (|M_w| + |M_e|)$$

$$|M'_n| + |M'_s| \geq 1.25 (|M'_w| + |M'_e|)$$

3.4.5.6 Détermination des moments dans les poteaux :

$$M_r = Z * A_s * \sigma_{st}$$

Niveaux	La section (cm ²)		Z (cm)		As (cm ²)		Mr (KN.m)	
	b (cm)	h (cm)	xx	yy	xx	yy	xx	yy
Etage	40	30	36	27	12.31	12.31	171.36	128.52

Tableau 35 : Détermination des moments dans les poteaux

a) Détermination des moments dans les poutres :

$$M_r = Z * A_s * \sigma_{st}$$

Niveaux	Type de poutre	La section		Z	As	Me	Mw
		b(cm)	h(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN.m)	(kN.m)
Etage	P.Prin	30	45	40.5	8.01	112.89	112.89
	P.Prin	30	30	27	8.01	75.26	75.26
	Ch	30	30	27	3.39	31.85	31.85

Tableau 36 : Détermination des moments dans les poutres

3.4.5.7 Vérifications des conditions suivantes :

$$|M_n| + |M_s| \geq 1.25 (|M_w| + |M_e|)$$

$$|M'_n| + |M'_s| \geq 1.25 (|M'_w| + |M'_e|)$$

	Sens	Ms	Mn	Ms+Mn	Me	Mw	1.25(Me+Mw)	Observation
		(KN.m)	(KN.m)	(KN.m)	(KN.m)	(KN.m)	(KN.m)	
POT (30x30)	XX	171.36	171.36	342.71	112.89	75.26	235.19	Condition est vérifié
POT (30x30)	YY	128.52	128.52	257.03	31.85	31.85	79.63	Condition est vérifié

3.4.6 Justification de la largeur des joints sismiques :

3.4.6.1 Deux blocs voisins doivent être séparés par des joints sismiques dont la largeur minimale d_{min} satisfait la condition suivante : $d_{min} = 15mm + (\delta_1 + \delta_2)mm \leq 40 mm$

Direction	R	$\delta_1(m)$	$\delta_2(m)$	D	D(cm)
XX	3.50	0.02240	0.02340	17.18	18
YY	3.50	0.01700	0.01700	13.40	14

Tableau 37 : Justification de la largeur des joints sismiques

3.5 CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons évalué les charges qui affecteront notre bâtiment, dimensionné les éléments structuraux et vérifié la stabilité de notre bâtiment même en cas de séismes.

Chapitre 4 : ETUDE DE LA THERMIQUE DE BATIMENT

4.1 INTRODUCTION

Dans ce chapitre nous allons présenter le logiciel RETA, calcul des déperditions thermiques des différents enveloppes, calcul de puissance de chauffage et climatisation, évaluation des besoins énergétique, classification de notre bâtiment et la conception du système de chauffage.

4.2 PRESENTATION DU LOGICIEL

4.2.1 Introduction

Le conseil des ministres algérien vient d'adopter un nouveau programme national d'efficacité énergétique. A horizon 2030, ce programme devrait permettre à l'Algérie d'économiser 63 millions de tonnes équivalent pétrole (Tep), représentant un gain financier de 42 milliards de dollars.[35]

4.2.2 Logiciel RETA ;

Afin de faciliter l'utilisation et l'application de la réglementation algérienne, l'équipe Bioclimatique du CDER a développé une application baptisée RETA – Réglementation Thermique Algérienne. Cette application est un logiciel libre d'accès qui se présente sous forme d'interface graphique accessible via l'adresse web (reta.cder.dz). L'application présente à l'utilisateur une interface ergonomique et facile d'utilisation lui permettant de décrire les différents composants d'un bâtiment et d'effectuer les calculs thermiques nécessaires afin de vérifier la conformité du projet vis-à-vis de la réglementation thermique (DTR C3-2 et DTR C3-4). L'application offre aussi la possibilité de dimensionner un système de chauffage conformément aux exigences de confort thermique intérieur.[35]

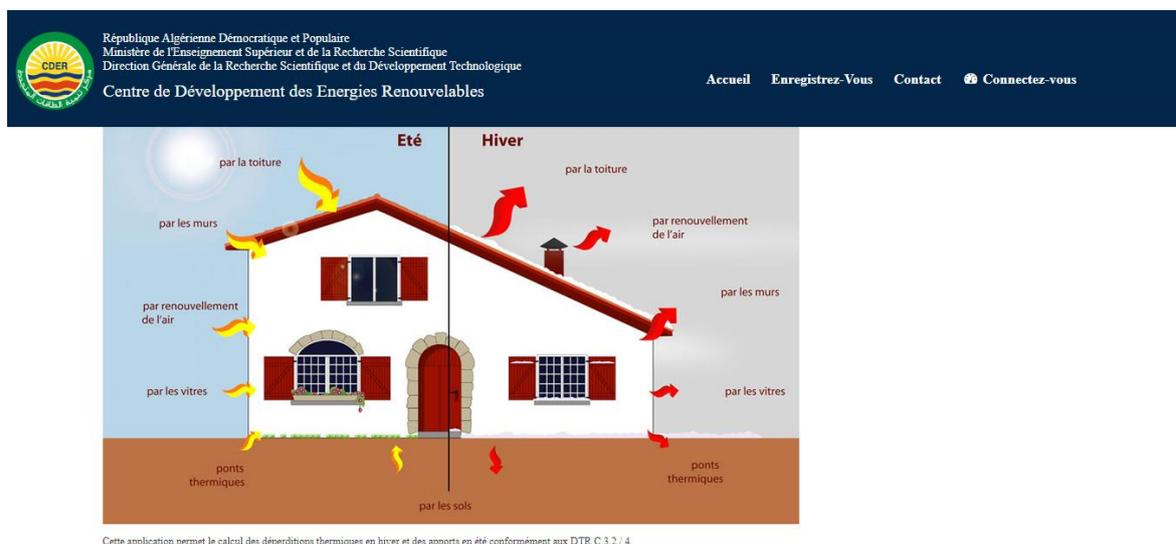


Figure 34: Interface principale du logiciel RETA

4.2.3 Structuration de RETA

L'entité principale de RETA est le projet. Il détaille les données de base communes à toutes les autres entités. Il s'agit principalement des données géographiques : altitude, latitude, wilaya, commune, ...etc. Une fois le projet défini, la deuxième étape sera de créer les volumes thermiques (enveloppe) conformément aux définitions du DTR. A chaque enveloppe il faut alors définir les parois qui la composent de façon à créer un espace fermé.

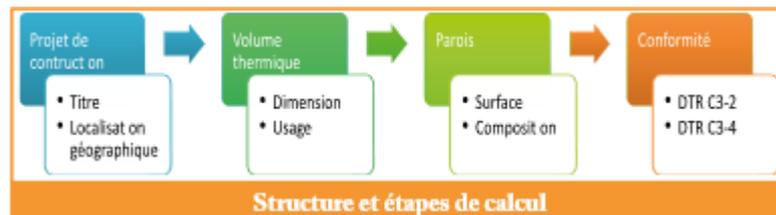


Figure 35: Structure de RETA[35]

Elaborer un projet sous RETA passe par deux étapes majeures :

Etape 1 : Introduction des données

- Données relatives au projet (Localisation géographique, Description).
- Données relatives à l'enveloppe du bâtiment (volume, usage du bâtiment, conditions de confort interne).
- Définition des parois opaques et vitrées (surface nette, orientation, composition, etc.).
- Description du dispositif de renouvellement d'air et de chauffage.

Etape 2 : Calcul et récupération des résultats

- Calcul de déperdition d'énergie en Hiver ; Le DTR stipule que pendant la période de chauffage, les déperditions calorifiques par transmission à travers les parois, qu'elles soient opaques ou vitrées, doivent être inférieures à une valeur de référence.
- Calcul d'apport d'énergie en Été ; Le DTR stipule que pendant la période d'été, les apports calorifiques à travers les parois (opaques et vitrées) calculés pour le mois le plus chaud doivent être inférieurs à une limite appelée « Apport de Référence ».
- Rapport complet exportable en PDF ; Une fois le projet finalisé, un rapport en format PDF peut être généré. Ce rapport englobe l'ensemble des données d'entrée, les résultats des calculs intermédiaires, ainsi que le résultat de l'analyse de conformité.
- Dimensionnement ; Reta permet de pré-dimensionner un système de chauffage et de climatisation conformément aux exigences de confort thermique intérieur.

- Vérification réglementaire suivant les DTR ; La réglementation thermique algérienne est basée un document technique réglementaires (DTR C3.2/4). La vérification de la conformité d'un bâtiment vis-à-vis de cette réglementation doit.

4.3 Calculs des déperditions calorifiques et des apports calorifiques

4.3.1 Enveloppe : APPARTEMENT F4 (1er Etage)

Les surfaces, les déperditions et les apports de tous les éléments de construction (mur, planchers, fenêtres, etc.) sont exprimées dans les tableaux ci-dessous :

4.3.1.1 Toitures

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
Aucune toiture n'a été définie					

Tableau 38: Les surfaces, déperditions et les apportes des toitures.

4.3.1.2 Murs

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
VOILE NORD	7 m ²	7 W/°C	8 W/°C	1 W	38 W
MUR EXT NORD	17 m ²	24 W/°C	21 W/°C	101 W	97 W
VOILE EST	21 m ²	21 W/°C	25 W/°C	123 W	147 W
MUR EXT EST	18 m ²	25 W/°C	22 W/°C	146 W	129 W
VOILE EXT SUD	9 m ²	9 W/°C	11 W/°C	14 W	90 W
VOILE INT SUD	5 m ²	1 W/°C	6 W/°C	16 W	25 W
MUR EXT SUD	6 m ²	8 W/°C	7 W/°C	65 W	58 W
MUR INT SUD	6 m ²	4 W/°C	7 W/°C	42 W	27 W
VOILE OUEST	5 m ²	1 W/°C	6 W/°C	17 W	25 W
MUR EXT OUEST 1	10 m ²	14 W/°C	12 W/°C	108 W	106 W
MUR EXT OUEST 2	13 m ²	7 W/°C	15 W/°C	55 W	61 W
MUR SIMPLE OUEST	9 m ²	6 W/°C	11 W/°C	64 W	42 W

Tableau 39: Les surfaces, déperditions et les apportes des murs

4.3.1.3 Fenêtres

Nom	Surface	DT	DTréf	AVT	AVE	AV	AVréf
FENETRE SEJOUR	1 m ²	5 W/°C	5 W/°C	34 W	57 W	91 W	51 W
FENETRE CH2	1 m ²	5 W/°C	5 W/°C	34 W	57 W	91 W	51 W
FENETRE SDB	0 m ²	1 W/°C	1 W/°C	8 W	2 W	10 W	6 W
FENETRE SUD	1 m ²	5 W/°C	5 W/°C	34 W	7 W	41 W	62 W
FENETRE WC	0 m ²	1 W/°C	1 W/°C	8 W	2 W	9 W	6 W

Tableau 40: Les surfaces, déperditions et les apportes des fenêtres

4.3.1.4 Portes

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
PORTE EXT NORD	3 m2	11 W/°C	8 W/°C	72 W	15 W
PORTE EXT SUD	3 m2	2 W/°C	8 W/°C	21 W	13 W
PORTE EXT OUEST	3 m2	2 W/°C	8 W/°C	21 W	13 W

Tableau 41: Les surfaces, déperditions et les apportes des portes

4.3.1.5 Planchers

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
PLANCHER	89 m2	35 W/°C	179 W/°C	781 W	964 W

Tableau 42: Les surfaces, déperditions et les apportes des planchers

4.3.2 Calcul des déperditions thermiques totales et de références

La somme des déperditions par transmissions et les déperditions de référence de l'enveloppe sont données dans les tableaux suivants ;

4.3.2.1 Synthèse des échanges thermiques en hiver

DT	Dréf	Vérification C-3.2	
192 W/°C	371 W/°C	1	Conforme

Tableau 43 : Synthèse des échanges thermiques en hiver

D'après le DTR C 3-2 la condition $DT \leq 1.05Dréf$ est vérifiée donc ce volume thermique est conforme.

4.3.2.2 Renouvellement et infiltration d'air en hiver

QS	QV	DR	QVinf
51 m3/h	131 m3/h	62 W/°C	102 m3/h - Orientation: N

Tableau 44: Renouvellement et infiltration d'air en hiver.

4.3.2.3 Puissance de chauffage

Le chauffage à installer pour cette enveloppe une puissance de 5.5 KW.

Cin : Coefficient de surpuissance	Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel	Puissance de chauffage
0	0	5.5 kW

Tableau 45: Puissance de chauffage

4.3.3 Calcul des apports calorifiques totaux et de références

Les résultats de calcul des apports calorifiques des fenêtres AV et des parois APO et les apports de référence sont donné dans le tableau ci-après ;

4.3.3.1 Synthèse des échanges thermiques en été

APO non Aériennes	APO Aériennes	APOréf	AV	AVréf	Vérification C-3.4	
0 W	1,649 W	1,851 W	242 W	175 W	1	Conforme

Tableau 46 : Synthèse des échanges thermiques en été

D'après le DTR C 3-4 la condition $APO (15 h) + AV (15 h) \leq 1,05 \times Aréf (15 h)$ est vérifiée donc l'enveloppe est conforme en été.

4.3.3.2 Renouvellement et infiltration d'air en été

QVan	ARENs	AINFs	ARENI	AINFI	Renouvellement d'air total
131 m3/h	294 W	228 W	351 W	273 W	1,146 W

Tableau 47:Renouvellement et infiltration d'air en été

4.3.3.3 Puissance de climatisation

Nombre d'occupants	Puissance d'éclairage	Autres puissances dégagées	Puissance de Climatisation
6	1,722	0	3.8 kW

Tableau 48: Puissance de climatisation

4.3.4 Enveloppe : APPARTEMENT F4 (4ème Etage)

Les surfaces, les déperditions et les apports de tous les éléments de construction ;
Les surfaces, déperditions et les apports des murs, portes et fenêtres sont les mêmes que celles d'enveloppe au premier étage, mais le plancher bas ne fait pas non plus partie de cette enveloppe.

4.3.4.1 Planchers

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
Aucun plancher n'a été défini					

Tableau 49 : Les surfaces, déperditions et les apports des planchers

4.3.5 Calcul des déperditions thermiques totales et de références

La somme des déperditions par transmissions et les déperditions de référence de l'enveloppe sont données dans les tableaux suivants ;

4.3.5.1 Synthèse des échanges thermiques en hiver

DT	Dréf	Vérification C-3.2	
157 W/°C	193 W/°C	1	Conforme

Tableau 50 : Synthèse des échanges thermiques en hiver

D'après le DTR C 3-2 la condition $DT \leq 1.05D_{réf}$ est vérifiée donc ce volume thermique est conforme en hiver.

4.3.5.2 Renouvellement et infiltration d'air en hiver

QS	QV	DR	QVinf
51 m ³ /h	131 m ³ /h	62 W/°C	102 m ³ /h - Orientation: N

Tableau 51 : Renouvellement et infiltration d'air en hiver

4.3.5.3 Puissance de chauffage

La puissance de chauffage est 4.7 KW.

Cin : Coefficient de surpuissance	Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel	Puissance de chauffage
0	0	4.7 kW

Tableau 52: Puissance de chauffage

4.3.6 Calcul des apports calorifiques totaux et de références

Les résultats de calcul des apports calorifiques des fenêtres AV et des parois APO et les apports de référence sont donné dans le tableau ci-après ;

4.3.6.1 Synthèse des échanges thermiques en été

APO non Aériennes	APO Aériennes	APO _{réf}	AV	AV _{réf}	Vérification C-3.4	
0 W	867 W	886 W	247 W	175 W	1	Conforme

Tableau 53 : Synthèse des échanges thermiques en été

D'après le DTR C 3-4 la condition $APO(15h) + AV(15h) \leq 1,05 A_{réf}(15h)$ est vérifié donc l'enveloppe est conforme en été.

4.3.6.2 Renouvellement et infiltration d'air en été

QVan	ARENs	AINFs	ARENI	AINFI	Renouvellement d'air total
131 m ³ /h	294 W	228 W	351 W	273 W	1,146 W

Tableau 54 : Renouvellement et infiltration d'air en été

4.3.6.3 Puissance de climatisation

Nombre d'occupants	Puissance d'éclairage	Autres puissances dégagées	Puissance de Climatisation
6	1,722	0	3.0 kW

Tableau 55: Puissance de climatisation

4.3.7 Enveloppe : APPARTEMENT F4 (8ème Etage)

Les surfaces, les déperditions et les apports de tous les éléments de construction ;

Les surfaces, déperditions et les apports des murs, portes et fenêtres sont les mêmes que celles d'enveloppe au premier étage, mais le plancher bas ne fait pas non plus partie de cette enveloppe et on ajoute la toiture.

4.3.7.1 Toitures

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
TOIT	89 m2	80 W/°C	80 W/°C	1,088 W	1,076 W
Total	89 m2	80 W/°C	80 W/°C	1,088 W	1,076 W

Tableau 56 : Les surfaces, déperditions et les apports des planchers

4.3.7.2 Planchers

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
Aucun plancher n'a été défini					
Total	0 m2	0 W/°C	0 W/°C	0 W	0 W

Tableau 57 : Les surfaces, déperditions et les apports des planchers

4.3.8 Calcul des déperditions thermiques totales et de références de 8ème étage.

La somme des déperditions par transmissions et les déperditions de référence de l'enveloppe 1er étage sont donnés dans le tableau suivant ;

4.3.8.1 Synthèse des échanges thermiques en hiver

DT	Dréf	Vérification C-3.2
237 W/°C	273 W/°C	1 Conforme

Tableau 58 : Synthèse des échanges thermiques en hiver

4.3.8.2 Renouvellement et infiltration d'air en hiver

QS	QV	DR	QVinf
51 m3/h	131 m3/h	62 W/°C	102 m3/h - Orientation: N

Tableau 59 : Renouvellement et infiltration d'air en hiver

D'après le DTR C 3-2 la condition $DT \leq 1.05Dréf$ est vérifiée donc ce volume thermique est conforme en hiver.

4.3.8.3 Puissance de chauffage

La puissance de chauffage est de 6.5 kW.

Cin : Coefficient de surpuissance	Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel	Puissance de chauffage
0	0	6.5 kW

Tableau 60 : Puissance de chauffage

4.3.9 Calcul des apports calorifiques totaux et de références d'enveloppe de 8ème étage

Les résultats de calcul des apports calorifiques des fenêtres AV et des parois APO et les apports de référence pour le 8ème étage sont donné dans le tableau ci-après :

4.3.9.1 Synthèse des échanges thermiques en été

APO non Aériennes	APO Aériennes	APOréf	AV	AVréf	Vérification C-3.4	
0 W	1,955 W	1,963 W	247 W	175 W	1	Conforme

Tableau 61 : Synthèse des échanges thermiques en été

D'après le DTR C 3-4 la condition $APO (15 h) + AV (15 h) \leq 1,05 Aréf (15 h)$ est vérifié donc l'enveloppe est conforme en été.

4.3.9.2 Renouvellement et infiltration d'air en été

QVan	ARENs	AINFs	ARENI	AINFI	Renouvellement d'air total
131 m3/h	294 W	228 W	351 W	273 W	1,146 W

Tableau 62 : Renouvellement et infiltration d'air en été

4.3.9.3 Puissance de climatisation

Nombre d'occupants	Puissance d'éclairage	Autres puissances dégagées	Puissance de Climatisation
6	1,722	0	4.1 kW

Tableau 63 : Puissance de climatisation

4.3.10 Vérifications réglementaires

Enveloppe	D = ΣDT	$\Sigma Dréf$	Vérification C-3.2	A = $\Sigma APO + \Sigma AV$	Aréf = $\Sigma APOréf + \Sigma AVréf$	Vérification C-3.4
APPARTEMENT F4 (1er Etage)	191,68	371,29	0,52	1 890,67	2 026,34	0,93
APPARTEMENT F4 (4ème Etage)	156,91	192,69	0,81	1 114,00	1 061,71	1,05
APPARTEMENT F4 (8ème Etage)	236,81	273,06	0,87	2 202,05	2 137,86	1,03

Tableau 64: Conformité DTR

4.3.11 Echanges Thermiques par transmission

Enveloppe	Σ DT	Σ Dréf	Σ APO Aériennes	Σ APO non Aériennes	Σ APOréf	Σ AV	Σ AVréf
APPARTEMENT F4 (1er Etage)	191,68	371,29	1 648,74	0,00	1 850,86	241,93	175,48
APPARTEMENT F4 (4ème Etage)	156,91	192,69	867,26	0,00	886,42	246,74	175,29
APPARTEMENT F4 (8ème Etage)	236,81	273,06	1 955,31	0,00	1 962,57	246,74	175,29

Tableau 65: Echanges thermiques par transmission

4.3.12 Dimensionnement

Enveloppe	Puissance de chauffage nécessaire	Puissance de climatisation nécessaire
APPARTEMENT F4 (1er Etage)	5,5 kW	3,76 kW
APPARTEMENT F4 (4ème Etage)	4,7 kW	2,98 kW
APPARTEMENT F4 (8ème Etage)	6,5 kW	4,07 kW

Tableau 66 : Puissance de chauffage et climatisation

4.3.13 Résumé de calcul :

4.3.13.1 Enveloppe F4 (1er étage)

La surface habitable (m ²)	89.3
La volume habitable (m ³)	273.60
Σ APO Aériennes les apports à partir des parois opaques aériens (w)	1648.74
Σ AV les apports à partir des parois vitrées (w)	241.93
APT = Σ APO + Σ AV la somme des apports par les parois et le vitrage apports totales (w)	1890.67
Les déperditions totales de l'enveloppe en (W/°C)	191.68
Nombre des personnes	6
La puissance de chauffage (kW)	5.5
Ratio de chauffage (kW/m ²)	0.062
La puissance de climatisation (kW)	3.76
Ratio de climatisation (kW/m ²)	0.042

Tableau 67 : Résumé de calcul d'enveloppe sur 1^{er} étage

4.3.13.2 Enveloppe F4 (4^{ème} étage)

La surface habitable (m ²)	89.3
La volume habitable (m ³)	273.60
Σ APO Aériennes les apports à partir des parois opaques aériens (w)	867.26
Σ AV les apports à partir des parois vitrées (w)	246.74
APT = Σ APO + Σ AV la somme des apports par les parois et le vitrage apports totales (w)	1114.0
Les déperditions totales de l'enveloppe en (W/°C)	156.91
Nombre des personnes	6
La puissance de chauffage (kW)	4.7
Ratio de chauffage (kW/m ²)	0.053
La puissance de climatisation (kW)	2.98
Ratio de climatisation (kW/m ²)	0.033

Tableau 68 : Résumé de calcul d'enveloppe sur étage intermédiaire

4.3.13.3 Enveloppe F4 (8^{ème} étage)

La surface habitable (m ²)	89.3
La volume habitable (m ³)	273.60
Σ APO Aériennes les apports à partir des parois opaques aériens (w)	1955.31
Σ AV les apports à partir des parois vitrées (w)	246.74
APT = Σ APO + Σ AV la somme des apports par les parois et le vitrage apports totales (w)	2202.05
Les déperditions totales de l'enveloppe en (W/°C)	236.81
Nombre des personnes	6
La puissance de chauffage (kW)	6.5
Ratio de chauffage (kW/m ²)	0.073
La puissance de climatisation (kW)	4.07
Ratio de climatisation (kW/m ²)	0.046

4.4 BESOINS ENERGETIQUES ANNUELLES DE CHAUFFAGE

Une information précise des températures et des mouvements d'air à l'intérieur des bâtiments est nécessaire pour répondre aux nouvelles préoccupations énergétiques et environnementales liées au confort thermique dans les bâtiments et à la qualité de l'air. Dans ce contexte, notre objectif est d'estimer les besoins énergétiques d'un bâtiment pour le chauffage en hiver afin de maintenir une température intérieure souhaitée et acceptable.

Les besoins en chauffage dépendent évidemment du lieu où l'on doit construire l'habitation. Dans ce cas, Ain Témouchent est le site, caractérisé par son climat **tempéré méditerranéen** a été chaud et sec (Csa) selon la classification de Köppen-Geiger.

4.4.1 Notion de degré jours (DJU)

Le différentiel de température entre les environnements intérieur et extérieur doit être pris en compte lors du calcul de la consommation d'énergie, bien que la température varie d'un endroit à l'autre. Le concept de degré jour a été créé pour estimer la quantité de chaleur consommée par un bâtiment pendant une certaine période de chauffage et pour comparer les structures dans différentes zones climatiques.

4.4.1.1 Degrés jour de chauffage (DJC)

Les degrés jour indiquent les besoins en chauffage. Ils correspondent à la différence entre la température moyenne d'un jour par rapport à une température de référence (les besoins de chauffe sont considérés à partir d'une température extérieure de 18°C). Lorsqu'on parle de DJC pour une durée déterminée (mois ou année), on fait la somme de la différence de chaque journée avec la température de référence. Plus ce chiffre est grand, plus les besoins en chauffage sont importants, plus l'hiver est rude.[36]

Le nombre de degrés-jours d'une période de chauffage est égal au produit du nombre de jours chauffés multiplié par la différence entre la température intérieure moyenne du local considéré et la température extérieure moyenne.[37]

DJ = nombre de jours chauffés x (T intérieure moyenne – T extérieure moyenne).

4.4.2 Méthodologie

Info climat est une association loi 1901 déclarée d'intérêt général, qui vise à diffuser plus largement les informations météorologiques auprès de la communauté d'utilisateurs (grand public, passionnés, experts, chercheurs, domaines d'activités météo-sensibles).[38]

L'objectif principal de l'association est de gérer le site internet www.infoclimat.fr, qui propose l'accès aux informations météorologiques mondiales, et notamment aux stations météorologiques semi-professionnelles installées par plus de 700 passionnés, qui mesurent températures, précipitations, vent, parfois depuis plusieurs décennies. Des outils d'analyse climatologique poussés sont également disponibles, ainsi que de nombreuses fonctionnalités de sciences participatives : report de phénomènes météo et photos, discussions techniques sur des forums, analyses des conditions météo...[38]

Infoclimat.fr Version 5.4

« <https://www.infoclimat.fr/dossiers/?sto#:~:text=Infoclimat.fr%20Version%205.4> »

4.4.2.1 Les Données ;

Station météo utilisée pour calculer le climat pour Aïn Temouchent est située à BENI-SAF.

- Les coordonnées de 35.30°N, 1.14°W
- A une altitude moyenne de 250m

4.4.2.2 Les résultats :

MOIS	DJU CHAUFFE à 18°c (DJC)	DJU CHAUFFE à 21°c (DJC)
JUIN 2022	0	0
JUILLET 2022	0	0
AOUT 2022	0	0
SEPTEMBRE 2022	0	0
OCTOBRE 2022	0.5	0.6
NOVEMBRE 2022	18.1	21.1
DECEMBRE 2022	35.6	41.5
JANVIER 2023	126.3	147.35
FEVERIER 2023	102.6	119.7
MARS 2023	53.7	62.65
AVRIL 2023	20.6	24.03
MAI 2023	5.3	6.2
TOTALE	362.7	423.13

Tableau 70 : Valeurs de degré jours de chauffage

D'après ce tableau, Aïn Temouchent est caractérisé par une durée de chauffage beaucoup plus longue dont le nombre de degré jour :

- Pour une température de confort (18°C), $D_j (18^\circ) = 362.7$
- Pour une température de confort (21°C), $D_j (21^\circ) = 423.13$

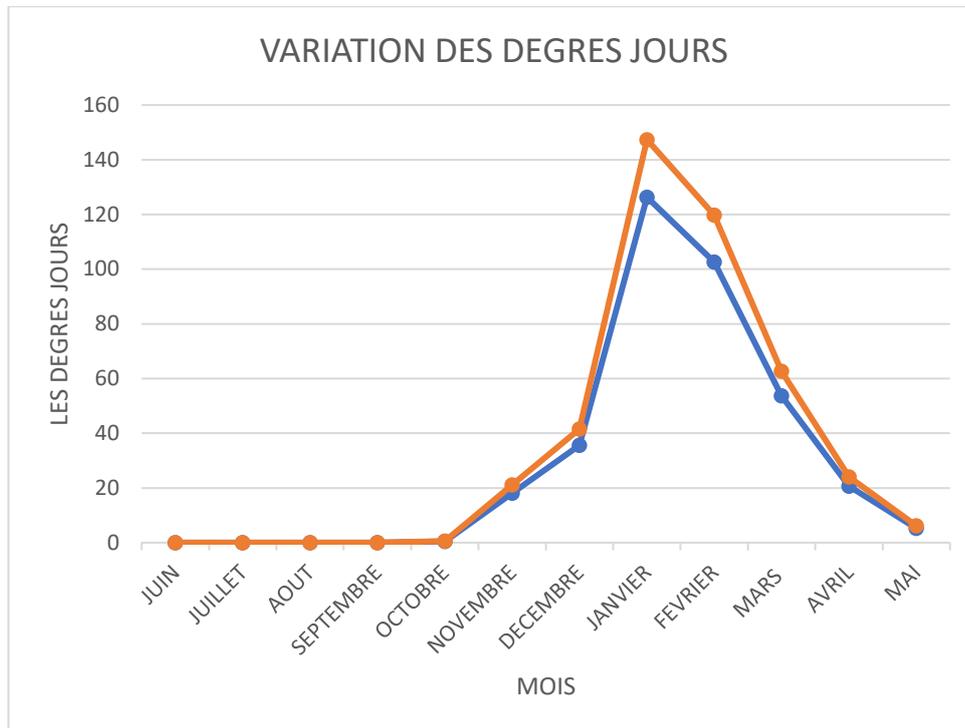


Figure 36: Courbe des variations des degrés jours de chauffage

4.4.2.3 Interprétation du graphique ;

En bleu on a une courbe représentant DJU à 18°, et en orange une courbe représentant DJU à 21°.

Selon notre courbe, les mois de juin à octobre n'ont pas besoin de chauffage. Le besoin de chauffage commence à partir du mois de Novembre à Mai, le mois de Janvier étant le plus critique.

De plus, les degrés jours augmentent avec l'augmentation de la température signifiant aussi une augmentation des besoins énergétiques

4.4.3 Détermination des besoins énergétiques de chauffage ;

Après avoir déterminé le nombre de degrés jour, il est intéressant de dimensionner le bâtiment afin de déterminer les besoins d'énergie pour le chauffage. Les besoins peuvent alors être évalués comme suit ;

$$Ech = B \times V \times DJU \times 24 \text{ (kWh)}$$

$$B = \frac{Pch}{Vh \times (Ti - Te)} \text{ (W/m}^3 \cdot \text{°C)}$$

Ou;

- B est le coefficient de chauffage.
- V est la volume de l'enceinte à chauffer.
- DJU sont des degrés jour de chauffage obtenus sur le site Infoclimat.fr.
- Pch est la puissance de chauffage fournit par logiciel RETA.
- Ti est la température de confort désirée à l'intérieur.
- Te est la température de l'extérieur de base DTRC-3.2.

Pour Ain Temouchent ;

Te=2°C

Ti=21°C

Pour l'appartement F4;

Surface habitable, S=89.3m²

Volume, Vh=273.26 m³

Enveloppe F4	Pch (kW)	B(W/m ³ .°C)	Ech (KWh)
1er étage	5.5	1.1	3052.486
4eme étage	4.7	1	2774.988
8eme étage	6.5	1.3	3607.484

Tableau 71 : Besoins énergétique pour enveloppe F4

D'après le tableau ci-dessus, on remarque que l'appartement au dernier étage consomme le plus d'énergie avec l'appartement à l'étage intermédiaire, qui en consomme le moins.

Avec les besoins énergétiques des appartements F4, on peut déduire celles de l'appartement F3 connaissant les surfaces habitables.

Surface F3, S=68.94m²

Vh=210.9564m³

Enveloppe F3	Pch (KW)	B(W/m ³ .°C)	Ech (KWh)
1er étage	4.25	1.1	2356.516
4eme étage	3.63	1	2142.288
8eme étage	5.02	1.3	2784.974

Tableau 72 : Besoins énergétique pour enveloppe F3

Les besoins énergétiques dans ce tableau suivent également la même tendance que le tableau précédent.

Besoins énergétiques totales

	Apartment F3	Apartment F4
	Ech (KWh)	Ech (KWh)
1er étage	2356.516	3052.486
Etages intermediaries (2-7)	12853.728	16649.928
8eme étage	2784.974	3607.484
Totale	17995.218	23309.898

Tableau 73 : Besoins énergétique totales

Besoins énergétiques totale du bâtiment = 41305.116 KWh

4.5 Classification de bâtiment selon l'étiquette du bâtiment

La classe énergie est un système de notification des biens immobiliers (maisons et appartements) portant sur la performance énergétique. La classe énergie vous aide à choisir une maison ou un appartement dans lequel il sera confortable de vivre et qui vous permettra de faire des économies d'énergie au quotidien.[39]

Le diagnostic de performance énergétique (DPE), qui évalue les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre d'un bâtiment, renseigne sur la performance énergétique d'un logement ou d'un autre ouvrage. Il s'inscrit dans la stratégie énergétique proposée au niveau européen pour réduire la consommation énergétique des bâtiments et limiter les émissions de gaz à effet de serre.

4.5.1 Indice de consommation ;

L'indice de dépense de chaleur (IDC) est un indicateur de la consommation d'énergie d'un bâtiment pour couvrir ses besoins de chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire). Cet indice est constitué de l'énergie consommée annuellement, divisée par la surface brute du logement.[40]

$$Ic = \frac{Ech}{Stotale}$$

Surface Totale, $S_{totale}=1265.92 \text{ m}^2$

Ech totale= 41305.116 kWh

$Ic= 32.63 \text{ kWh/m}^2$

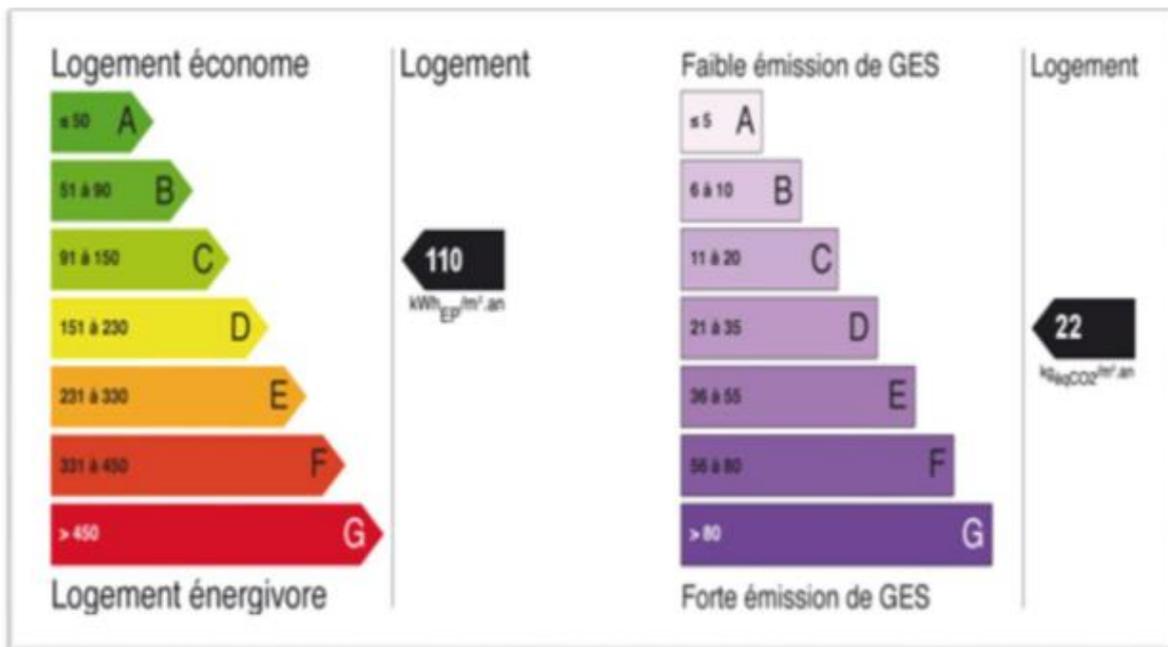


Figure 37 : Etiquette du bâtiment

Selon le diagnostic de performance énergétique (DPE), le bâtiment est de classe A.

On déduit que notre logement est plus économe.

4.6 ENERGETIQUES DE CHAUFFAGE DANS LE BATIMENT :

4.6.1 Introduction :

Le chauffage est une action de système qui permet d'injecter de la chaleur dans les volumes intérieurs pour ramener leur température d'ambiance à un niveau de confort thermique d'hiver réglementaire (DTR C3.2 ; température intérieure de confort = 21°C).

Le chauffage est un besoin exprimé en saison d'hiver pour tous les types de bâtiment : résidentiel, tertiaire et industriel. En effet, l'installation de chauffage sert à offrir du confort (bien-être) aux habitants d'une maison individuelle ou appartement dans un immeuble collectif et aux occupants des locaux de séjour et de travail.[41]

4.6.2 Chauffage Centrale à Eau Chaude :

4.6.2.1 Structure :

Il est composé de :

1. Chaudière : (murale ou au sol) pour la production de chaleur (installée dans la chaufferie ou local de service ; Elle brûle du fuel ou gaz pour chauffer l'eau (max 90 °C) ou vapeur d'eau (plus de 100 °C). Elle est choisie selon la puissance de chauffage calculée PT.

2. Réseau de Distribution : Il permet l'alimentation en chaleur des corps de chauffe (radiateurs et plancher chauffant). Le réseau peut être sous différentes formes de distribution et cela en fonction des aménagements intérieurs de bâtiment. Il se compose d'un ensemble de circuits hydrauliques formés de différents tronçons de tuyau à section variable. Il est caractérisé par le débit et la pression qu'il gère dans chaque tronçon.
3. Emetteur : corps de chauffe qui permet de chauffer les ambiances intérieures ; Il se présente sous forme de radiateur (plan ou à éléments) ; plancher chauffant basse température ; plinthes chauffantes. Il est caractérisé par une surface d'émission de chaleur.



Figure 38 : Emetteur de plancher chauffant et rafraichissant [42]

1. Pompe de Circulation : c'est la pièce maîtresse pour le bon fonctionnement de l'installation de chauffage central à eau. Il assure l'alimentation régulière, en liquide caloporteur (eau chaude de 20°C à 90°C), de tous les émetteurs de chaleur d'un local d'habitation ou autres, quel que soit leur éloignement de la chaudière. Elle est caractérisée par son débit d'eau chaude à refouler q (l/s) et sa hauteur manométrique **HMT (mce ou bar)**.

2. Régulation : permet la gestion de l'efficacité énergétique de tout chauffage selon le mode et le type, et en particulier le chauffage central à eau chaude. Pour optimiser les consommations d'énergie, tous les systèmes de chauffage ont besoin d'avoir une régulation. Il faut savoir qu'une baisse de la température de consigne de 1°C permet une économie d'énergie d'environ 7%.[41]

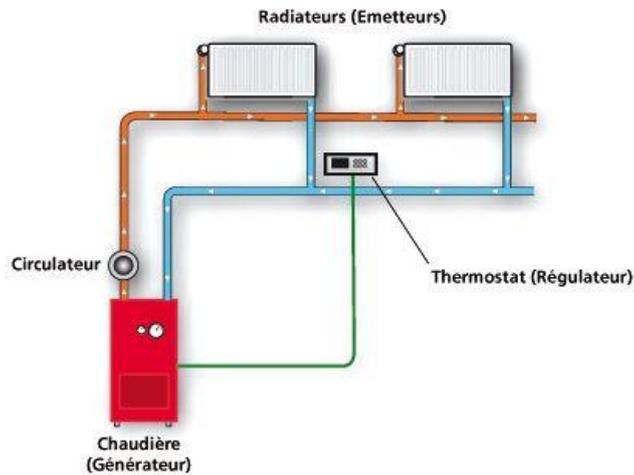


Figure 39 : Schéma simplifié d'une installation de chauffage à eau chaude [41]

4.6.2.2 Avantages du Circulateur de Chauffage Central

- Une grande réactivité aux ordres de la régulation.
- Une mise en température plus rapide et mieux dosée.
- Une implantation des chaufferies facilitée (la chaudière n'est plus nécessairement en partie basse, de nombreuses contre-pentes sont autorisées).
- Une accessibilité à de nouveaux matériaux et systèmes de chauffage (planchers chauffants, circuits en pieuvre, basse température, etc.).
- Une meilleure maîtrise du parcours et des longueurs de canalisations (passage en sous-sol ou en combles, encastréments, etc.).
- Une réduction des coûts de fourniture et de montage.

4.6.2.3 - Inconvénients du Circulateur de Chauffage Central

- Un frais d'installation plus élevés
- La dépendance d'une alimentation électrique.
- Une consommation énergétique non négligeable. Voici une indication de consommation annuelle (6 000 h de chauffe) pour un circulateur de puissance moyenne :

- Un équipement électromécanique susceptible de pannes (bien que peu courantes).

4.6.3 CONCLUSION

Le calcul d'un bilan thermique permet de déterminer avec précision la quantité d'énergie nécessaire pour le chauffage et climatisation d'une locale, qui à son tour nous aide à évaluer les besoins énergétiques d'un bâtiment. La précision de ce calcul est cruciale non seulement pour le coût de l'installation, mais aussi pour son fonctionnement. Dans ce calcul, de nombreux éléments doivent être pris en compte, notamment la nature, l'exposition, la surface des murs, des parois vitrées et opaques, des plafonds et des toitures, qui doivent être multipliés par des coefficients différents en fonction de l'altitude, du rayonnement solaire et de la localisation géographique. Il est important de tenir compte d'autres facteurs tels que le retour d'air naturel ou mécanique, les différents ponts thermiques ainsi que les éléments qui affecteront la pondération du calcul, tels que l'éclairage, l'occupation humaine et les appareils ménagers.

CONCLUSION GENERALE :

Ce mémoire nous a surtout permis de découvrir, comprendre, compléter, consolider, mettre en pratique nos connaissances sur les différentes étapes de calcul d'une structure en utilisant le logiciel de calcul « ETABS » ainsi que sur la réglementation régissant les principes de conception et de calcul des ouvrages dans le du bâtiment.

En premier lieu, notre intérêt a consisté à mettre en pratique nos connaissances acquises durant les cinq années. Nous avons aussi appris à nous familiariser et à utiliser les règlements en vigueur : RPA99 version 2003 et BAEL19, pour dimensionnements des différents éléments constituant le bâtiment.

Le choix du système de construction (voiles porteurs) était un défi pour nous, cela nous a permis de voir à quel point ce système est avantageux non seulement pour répondre efficacement vis-à-vis du comportement sismique, mais aussi dans le but de garder l'aspect esthétique établi au préalable par l'architecte.

Dans la seconde partie, l'étude thermique de son enveloppe est présentée. Elle est faite en utilisant le logiciel RETA qui calcule les déperditions thermiques en hiver et les charges thermiques en été dans les conditions de base et sous le respect des réglementations thermiques DTR-C.3-2 et DTR-C.3-4 en vigueur. Les résultats obtenus ont vérifié la conformité vis à vis des réglementations suscitées. Les résultats de calcul des besoins de chauffage ont permis d'analyser l'efficacité énergétique du bâtiment.

En adoptant des mesures d'efficacité énergétique et en utilisant des composants d'enveloppe performants, il est possible d'obtenir des améliorations significatives en termes d'efficacité énergétique, ce qui se traduit par une réduction considérable de la consommation d'énergie. Ainsi, en prenant en compte ces aspects, il est possible de construire des bâtiments résistants aux séismes et économes en énergie, contribuant ainsi à un avenir durable pour Ain Temouchent et d'autres régions.

Nous espérons que ce travail sera une référence pour d'autres projets de fin d'études et aussi une initiation pour nous à de futures études plus élaborées dans la vie professionnelles et dont nous pourrions alors mesurer réellement la réalisation

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

1. El Hassar SMK, Amirat M, Silhadi K, Souici M, Sakhraoui S. Réglementation thermique algérienne des bâtiments. Revue Française de Génie Civil. 1 janv. 2002 ;6(4):661-81.
2. Asma ZMK. Bilan thermique de construction : étude d'un cas et présentation de solutions {thèse}. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen Faculté de Technologie Département de Génie Civil ;
3. Tarik M, Abdennour H. Bilant Thermique D'une Bâtisse Selon La Réglementation Algérienne {thèse}. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen Faculté de Technologie Département de Génie Civil ;
4. Efficacité énergétique [Internet]. EDF ENR. [Cité 16 mai 2023]. Disponible sur : <https://www.edfenr.com/lexique/efficacite-energetique/>
5. Efficacité énergétique et bâtiments : définition, solutions, chiffres [Internet]. 2011 [cité 16 mai 2023]. Disponible sur : <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/efficacite-energetique-et-batiments>
6. <https://www.facebook.com/houcine.abenkcer?ref=bookmarks>. L'efficacité énergétique : qu'est-ce que c'est ? [Internet]. Le Vert. 2017 [cité 16 mai 2023]. Disponible sur : <https://www.levert.ma/efficacite-energetique-quest-cest/>
7. La brique : caractéristiques, avantages, inconvénients, prix [Internet]. Bricoleur Pro. [Cité 17 mai 2023]. Disponible sur : <https://bricoleurpro.ouest-france.fr/dossier-697-brique.html>
8. Futura. Définition | Polystyrène expansé - PSE | Futura Maison [Internet]. Futura. [Cité 17 mai 2023]. Disponible sur : <https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/maison-polystyrene-expande-10104/>
9. Mortier de maçonnerie - Le guide de la Maçonnerie [Internet]. [Cité 17 mai 2023]. Disponible sur : <https://maconnerie.bilp.fr/guide-general/ouvrage/element/mortier>
10. Batier C. Thèse « Confort thermique et énergie dans l'habitat social en milieu méditerranéen ». Université de Montpellier ;
11. Actes_de_la_Journee_du_Cuepe_2003.pdf [Internet]. [Cité 15 mai 2023]. Disponible sur https://www.unige.ch/sysener/files/4114/4731/1715/Actes_de_la_Journee_du_Cuepe_2003.pdf
12. 8-1 - Une approche globale du confort | Le blog des concepts associés aux maisons passives [Internet]. [Cité 15 mai 2023]. Disponible sur : <https://passivact.fr/Concepts/files/Confort-ApprocheGlobale.html>
13. XPair. Confort - Définition [Internet]. XPair. [Cité 15 mai 2023]. Disponible sur : <https://www.xpair.com/lexique/definition/confort.htm>

14. A Mokhtari, Polycopie Chauffage chapitres 1 et 2 master Génie civile USTO 2020.
15. Kharchi Razika Maître de Recherche B Equipe bioclimatique, Division Solaire Thermique et Géothermie - CDER. L'efficacité énergétique dans le bâtiment.
16. AE R. Energie : La consommation nationale a augmenté de 59% en dix ans [Internet]. Algérie Eco. 2021 [cité 15 mai 2023]. Disponible sur : <https://www.algerie-eco.com/2021/02/06/energie-la-consommation-nationale-a-augmente-de-59-en-dix-ans/>
17. République Algérienne Démocratique et Populaire, ministère de l'Energie et des mines, bilan_energetique_2021_63df78f2b775e.pdf.
18. Roger Cadiergues MémoCad nR14.a Performance et étiquettes énergétiques [Internet]. [Cité 18 mai 2023]. Disponible sur : https://media.xpair.com/auxidev/nR14a_Etiq.pdf
19. Tout savoir sur le fonctionnement d'une maison passive [Internet]. EDF ENR. [Cité 17 mai 2023]. Disponible sur : <https://www.edfenr.com/guide-solaire/batiment-passif/>
20. Qu'est-ce qu'un bâtiment passif ? [Internet]. [Cité 17 mai 2023]. Disponible sur : <https://www.passivhaus-vauban.de/passivhaus.fr.html>
21. A Common Definition for Zero Energy Buildings.pdf [Internet]. [Cité 18 mai 2023]. Disponible sur : <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/09/f26/A%20Common%20Definition%20for%20Zero%20Energy%20Buildings.pdf>
22. Abdellatif TOUZANI, 8 Mars 2017 Bureau Veritas, bâtiment à énergie positive
23. Abdelmalik Saidi, Performances énergétiques des constructions Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen Faculté de Technologie Département de Génie Civil mémoire de master en génie civil.
24. Données Climatiques de L'Algérie | PDF | Sahara | Géographie physique [Internet]. Scribd. [Cité 19 mai 2023]. Disponible sur : <https://fr.scribd.com/doc/48480380/Donnees-climatiques-de-l-Algerie>
25. Jannot Y. Ecole des Mines Nancy 2ème année, Transferts Thermiques.
26. Les Essentiels de l'habitat, Introduction à la thermique du bâtiment ÉDITION 2012, Saint Gobain.
27. Thermodynamique Chaleur sensible, chaleur latente <https://s45385e36a51cf850.jimcontent.com/download/version/0/module/9316778082/name/Chaleur%2Bsensible%252C%2Bchaleur%2Blatente.pdf>.
28. Chaleur sensible. In : Wikipédia [Internet]. 2022 [cité 18 mai 2023]. Disponible sur : https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Chaleur_sensible&oldid=191490025
29. Bilan Thermique du batiment.pdf Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen Faculté de Technologie.

30. Les apports internes et externes – OBIOSE Ingénierie – Durablement conforme [Internet]. [Cité 18 mai 2023]. Disponible sur : <https://www.obiose.com/les-apports-internes-et-externes.html>
31. Les apports internes [Internet]. [Cité 18 mai 2023]. Disponible sur : <https://www.propassif.fr/actualites/47-les-apports-internes.htm>
32. XPair. Apports solaires - Définition [Internet]. XPair. [Cité 18 mai 2023]. Disponible sur : https://www.xpair.com/lexique/definition/apports_solaires.htm
33. Iwego. Comment isoler sa maison grâce au ravalement de façade [Internet]. Espace Façades. 2023 [cité 19 mai 2023]. Disponible sur : <https://espace-facades.vertikal.fr/comment-isoler-sa-maison-grace-au-ravalement-de-facade/>
34. Belgaid B. Thermique du bâtiment. 2021 [cité 19 mai 2023]; Disponible sur: <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.28581.01768>
35. Logiciel d'application de la Réglementation Thermique Algérienne [Internet]. studylibfr.com. [Cité 20 mai 2023]. Disponible sur: <https://studylibfr.com/doc/2425107/logiciel-d-application-de-la-reglementation-thermique-alg...>
36. Degré jour de chauffage (DJC) [Internet]. Voir vert - Le portail du bâtiment durable au Québec. [Cité 29 mai 2023]. Disponible sur : <https://www.voirvert.ca/communaute/wiki/degre-jour-de-chauffage-djc>
37. Degrés-jours [Théories - climat] [Internet]. Energie Plus Le Site. 2007 [cité 29 mai 2023]. Disponible sur : <https://energieplus-lesite.be/theories/climat8/degres-jours-d2/>
38. Association Info climat - data.gouv.fr [Internet]. [Cité 30 mai 2023]. Disponible sur : <https://www.data.gouv.fr/fr/organizations/association-infoclimat/#/presentation>
39. Classe énergie maison : les 7 classes existantes décryptées [Internet]. [Cité 30 mai 2023]. Disponible sur : <https://www.habitatpresto.com/mag/renovation/classe-energie>
40. Optimiser la consommation de chaleur d'un bâtiment [Internet]. ge.ch. 2023 [cité 31 mai 2023]. Disponible sur : <https://www.ge.ch/node/10078>
41. A Mokhtar, 2020 Cours de chauffage chapitre 4 Master Equipement de l'habitat USTOMB, USTO.
42. plancher_chauffant_rafraichissant.pdf sur : <http://conseils.xpair.com/>.