

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche scientifique
Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou
Faculté de Génie de la construction
Département de Génie mécanique



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention d'un diplôme du Master en Génie mécanique

Option : Energétique

Thème

***Bilan thermique d'une maison
individuelle en utilisant comme isolant
un matériau a changement de phase***

Encadré par :

M^R FOUCHANE SIDALI

Réalisé par :

M^R RAHMANI ALI

M^R ACHOUR RAMDANE

Promotion 2018/2019

Table des matières

Introduction.....	11
II. Les apports calorifiques	11
II.1. Définition.....	11
II.2. Calcul des apports calorifiques.....	11
II.2.1. Les apports calorifiques sensibles A_s et latents A_l	11
II.2.3. Les apports calorifiques totaux sensibles AT_s et latents AT_l	12
II.2.4. Vérification réglementaire.....	13
II.2.5. Apports de référence des parois opaques horizontales	13
II.2.6. La valeur du coefficient a	13
1.1 Apports de référence des parois opaques verticales	14
II.2.7. Apports de référence des parois vitrées.....	14
II.2.8. Apports à travers les parois opaques	15
II.2.8.1. Parois extérieures.....	15
II.2.8.2 Parois intérieures	17
2.8.3. Parois en contact avec le sol :.....	17
II.2.9. Apports à travers les parois vitrées.....	18
II.9.1. Détermination du coefficient d'amortissement.....	19
II.9.2. facteurs solaire	22
II.9.3. Le rayonnement total maximal réel I_t	23
ii.2.10. apports de chaleur internes.....	24
II.2.10.1. Gains dus aux occupants	25
II.10.2. Gains dus aux machines électriques.....	25
II.10.3. Gains dus à l'éclairage :	26
II.2. Les déperditions thermiques.....	28
II.2.1. Définition.....	28
II.2.2. Bases de calcul et exigences.....	28
II.2.2.1. Définitions	28
II.2.3. Expression générale des déperditions	29
II.2.3.1. Déperditions totales d'un logement.....	29
II.2.3.2. Déperditions totales d'un volume.....	29
II.2.3.3. Déperditions par transmission d'un volume.....	29
II.2.3.4. Déperditions par renouvellement d'air d'un volume	30
II.2.4. vérification et calcul des déperditions de référence	30
II.2.4.1. Vérification	30
II.2.4.2. Calcul des déperditions de référence	30
II.2.5. calcul des déperditions de base	31



II.2.5.1. Déperditions de base totales.....	31
II.2.5.2. Déperditions de base pour un volume	31
II.2.5.3. Température intérieure de base.....	32
II.2.5.4. Température extérieure de base	32
II.2.6. déperditions surfaciques par transmission à travers les parois.....	33
II.2.6.1. Parois opaques	33
II.2.6.2. coefficient K des parois opaques	33
II.2.6.3. Expression générale	34
II.2.7. Coefficients K des parois vitrées	34
II.2.8. déperditions à travers les ponts thermiques	35
II.2.8.1. Expression générale	35
II.2.8.2. détermination des k_l	36
II.2.9. déperditions par transmission à travers les parois en contact avec le sol.....	39
II.2.9.1. expression générale	39
II.2.9.2. Valeur des coefficients k_s	40
II.2.10. déperditions par renouvellement d'air	41
10.2. Le débit extrait de référence Q_{VREF}	42
III. Calcul des apports et deperditions thermiques	46
III.1. Calcul des apports.....	46
III.1.1. Chambre I	46
III.1.1.1. Mur sud :	46
III.1.1.1.1. Apports à travers les parois opaques	46
III.1.1.1.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))	46
III.1.1.1.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur	47
III.1.1.1.4. Apports dus aux infiltrations d'air	47
III.1.1.1.5. Apports internes	48
III.1.1.1.6. Les apports sensibles.....	49
III.1.1.1.7. Les apports latents	49
III.1.1.1.7.1. Les apports effectifs.....	49
III.1.1.1.8. Les apports totaux	49
III.1.1.1.9. Vérification réglementaire	49
III.1.1.2. Mur est.....	50
III.1.1.2.1. Apports à travers les parois opaques	50
III.1.1.2.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))	50
III.1.1.2.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur	50
III.1.1.2.4. Apports internes	51
III.1.1.2.5. Les apports sensibles.....	52
III.1.1.2.6. Les apports latents	52
III.1.1.2.7. Les apports effectifs.....	52



III.1.1.2.8. Les apports totaux	53
III.1.1.2.9. Vérification réglementaire	53
III.1.1.3. Mur ouest.....	53
III.1.1.3.1. Apports à travers les parois opaques	53
III.1.1.3.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))	54
III.1.1.3.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur	54
III.1.1.3.4. Apports internes	54
III.1.1.3.5. Les apports sensibles.....	55
III.1.1.3.6. Les apports latents	55
III.1.1.3.6. Les apports effectifs.....	56
III.1.1.3.7. Les apports totaux	56
III.1.1.3.8. Vérification réglementaire	56
III.1.2. Chambre II	57
III.1.2.1. Mur est.....	57
III.1.2.1.1. Apports à travers les parois opaques	57
III.1.2.1.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))	57
III.1.2.1.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur	57
III.1.2.1.4. Apports internes	58
III.1.2.1.5. Les apports sensibles.....	59
III.1.2.1.6. Les apports latents	59
III.1.2.1.7. Les apports effectifs.....	59
III.1.2.1.8. Les apports totaux	60
III.1.2.1.9. Vérification réglementaire	60
III.1.2.2. Mur nord	60
III.1.2.2.1. Apports à travers les parois opaques	60
III.1.2.2.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))	60
III.1.2.2.3. Apport due au gradient de température (AVT (t)).....	61
III.1.2.2.4. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur	61
III.1.2.2.5. Apports internes	61
III.1.2.2.6. Les apports sensibles.....	62
III.1.2.2.7. Les apports latents	63
III.1.2.2.7. Les apports effectifs.....	63
III.1.2.2.8. Les apports totaux	63
III.1.2.2.9. Vérification réglementaire	63
III.1.3. les apports thermique dans la cuisine	64
III.1.3.1. Mur nord	64
III.1.3.1. Apports à travers les parois opaques	64
III.1.3.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))	64
III.1.3.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur	65



III.1.3.4. Apports internes	65
III.1.3.5. Les apports sensibles.....	66
III.1.3.1.6. Les apports latents	67
III.1.3.7. Les apports effectifs.....	67
III.1.3.8. Les apports totaux	67
III.1.3.9. Vérification réglementaire	67
III.1.4. Salle de bain	68
III.1.4.1. Mur nord	68
III.1.4.1.1. Apports à travers les parois opaques	68
III.1.4.1.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))	68
III.1.4.1.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur	69
III.1.4.1.4. Apports internes	69
III.1.4.1.5. Les apports sensibles.....	71
III.1.4.1.6. Les apports latents	71
III.1.4.1.7. Les apports effectifs.....	71
III.1.4.1.8. Les apports totaux	71
III.1.4.1.9. Vérification réglementaire	71
III.1.4.2. Mur ouest.....	72
III.1.4.2.1. Apports à travers les parois opaques	72
III.1.4.2.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))	72
III.1.4.2.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur	73
III.1.4.2.4. Apports internes	73
III.1.4.2.5. Les apports sensibles.....	74
III.1.4.2.6. Les apports latents	74
III.1.4.2.7. Les apports effectifs.....	74
III.1.4.2.8. Les apports totaux	75
III.1.4.2.9. Vérification réglementaire	75
III.1.5. Hall.....	76
III.1.5.1. Mur ouest.....	76
III.1.5.1.1. Apports à travers les parois opaques	76
III.1.5.1.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))	76
III.1.5.1.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur	76
III.1.5.1.4. Apports internes	77
III.1.5.1.5. Les apports sensibles.....	78
III.1.5.1.6. Les apports latents	78
III.1.5.1.7. Les apports effectifs.....	78
III.1.5.1.8. Les apports totaux	78
III.1.5.1.9. Vérification réglementaire	78
III.1.5.2. Mur sud	79



III.1.5.2.1. Apports à travers les parois opaques	79
III.1.5.2.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))	79
4.2.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur	79
III.1.5.2.4. Apports internes	80
III.1.5.2.5. Les apports sensibles.....	81
III.1.5.2.6. Les apports latents	81
III.1.5.2.7. Les apports effectifs.....	81
III.1.5.2.8. Les apports totaux	82
III.1.5.2.9. Vérification réglementaire	82
III.1.6.Séjour	82
III.1.6.1. Mur sud	82
III.1.6.1.1. Apports à travers les parois opaques	82
III.1.6.1.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))	83
III.1.6.1.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur	83
III.1.6.1.4. Apports internes	84
III.1.6.1.5. Les apports sensibles.....	85
III.1.6.1.6. Les apports latents	85
III.1.6.1.7. Les apports effectifs.....	85
III.1.6.1.8. Les apports totaux	86
III.1.6.1.9. Vérification réglementaire	86
III.1.6.2. Mur ouest	86
III.1.6.2.1. Apports à travers les parois opaques	86
III.1.6.2.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))	87
III.1.6.2.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur	87
III.1.6.2.4. Apports internes	87
III.1.6.2.5. Les apports sensibles.....	88
III.1.6.2.6. Les apports latents	88
III.1.6.2.7. Les apports effectifs.....	88
III.1.6.2.8. Les apports totaux	89
III.1.6.2.9. Vérification réglementaire	89
III.1.6.3. Mur est	89
III.1.6.3.1. Apports à travers les parois opaques	89
III.1.6.3.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))	90
III.1.6.3.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur	90
III.1.6.3.4. Apports internes	90
III.1.6.3.5. Les apports sensibles.....	91
III.1.6.3.6. Les apports latents	91
III.1.6.3.7 Les apports effectifs.....	91
III.1.6.3.8. Les apports totaux	92



CHAPITRE IV

IV.1. Le stockage thermique92.....	116
IV..2 <i>Le matériau a changement de phase (paraffine)</i>	120
IV..3. Calcul des apports	123
IV.4 <i>Les déperditions totales d'un logement avec (MCP)</i>	138
IV..5. <i>Comparaison discussions des résultats obtenus</i>	141
IV.6. <i>Interprétation des résultats de l'histogramme</i>	142
III.3. Conclusion generale.....	143



Un transfert thermique appelé plus communément chaleur est l'un des modes d'échange d'énergie thermique entre deux systèmes,

L'augmentation en besoins énergétique ainsi que les chocs pétroliers change les habitudes suscite à intégrer la notion d'isolation des murs et des toitures pour économiser l'énergie.

le ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme met en place des documents techniques réglementaires (DTR) en 1997. Ceux-ci déterminent notamment les valeurs de référence relatives aux déperditions et aux apports calorifiques des bâtiments neufs à usage d'habitation et tertiaire.

Cette thématique rentre dans le cadre des activités de l'équipe bioclimatique de la division thermique et géothermie du CDER.

Parmi ces DTR nous allons consulter le C3.2 (voir tableau n°1) qui illustre la méthode de calcul du bilan thermique hivernal pour déterminer le besoin thermique en chauffage.

L'isolation thermique est un terme générique utilisée pour décrire le processus de transfert de chaleur à travers un système, ou pour décrire le composant au système qui est performant pour cette fonction, visant à éviter les mouvement de chaleur entre deux milieux, afin d'optimiser les dépense énergétique.

La prise de conscience de l'épuisement des ressources énergétiques, l'augmentation des prix des énergies, incite les chercheurs à se pencher vers l'isolation thermique avec des matériaux à changement de phase (PCM).

On nomme PCM tout matériau capable de changer d'état physique dans une plage de température restreinte, on note que les quantités d'énergie mise en jeu dans le processus de changement de phase sont énormément plus importantes que celles qui interviennent lors de transferts sensibles

Problématique

Nous sommes aussi habitués à un certain confort thermique dans nos habitations : on ne supporte plus d'avoir froid en hiver ou trop chaud en été.

Mais est-il possible de continuer à vivre dans un tel confort thermique tout en diminuant notre consommation d'énergie ?

Dans ce travail, nous allons étudier les moyens de conserver un habitat isolé et confortable thermiquement quel que soit la saison tout en maîtrisant la consommation. Cela revient à dire,

qu'en hiver, il faut empêcher la chaleur de s'échapper du bâtiment. Inversement, en été, il faut empêcher l'entrée de la chaleur de l'extérieur dans l'habitation et limiter les apports d'énergie procurés par le soleil. Nous allons voir que des solutions existent pour cela.

Hypothèses

Dans une maison, la majorité des déperditions de chaleur se produit par les murs, la toiture et les fenêtres. Il est donc essentiel de tenter de diminuer les échanges de chaleur dans ces zones.

Les solutions principales sont d'isoler thermiquement avec des matériaux isolants et pour cela nous allons étudier les thèmes suivants :

- Quels sont les matériaux isolants ?
- Pourquoi sont-ils isolants ?
- Quels sont les critères de sélection de ces isolants ?
- Pourquoi choisir un matériau à changement de phase ?

I.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons procéder à l'introduction de quelques modes de transfert de chaleur par conduction, par convection ou par rayonnement et donner les types d'isolation thermique dans le bâtiment et les types de matériaux d'isolation.

I.2. Transfert de chaleur

Le transfert de chaleur peut être défini comme la transmission de l'énergie d'une région à une autre sous l'influence d'une différence de température. Il est régi par une combinaison de lois physiques. La littérature traitant du transfert de chaleur reconnaît essentiellement trois modes de transmission de la chaleur : la conduction, la convection et le rayonnement.

I.3. Modes de transfert de chaleur

I.3.1. La conduction

C'est le transfert de chaleur au sein d'un milieu opaque, sans déplacement de matière, sous l'influence d'une différence de température. 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.

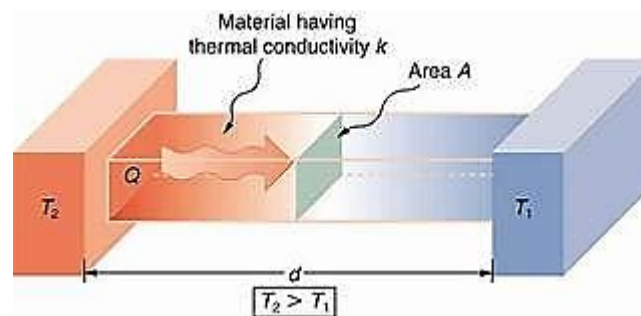


Figure I.1 : transfert de chaleur par conduction.

I.3.2. La convection

Les phénomènes de convection interviennent dans la transmission de la chaleur chaque fois qu'un fluide se déplace par rapport à des éléments fixes. Lorsque se produit au sein du fluide des courants dus simplement aux différences de densité résultant des gradients de température, on dit que la convection est naturelle ou libre. Par contre, si le mouvement du fluide est provoqué par une pompe ou un ventilateur, le processus est appelé convection forcée.

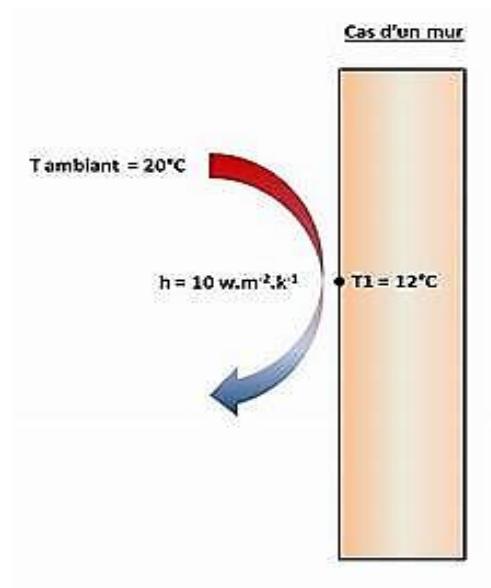


Figure I.2 : Transfert de chaleur par convection.

I.3.3. Le rayonnement

Dans la transmission de chaleur par rayonnement, le transfert thermique s'effectue par des vibrations électromagnétiques entre deux surfaces (même dans le Vide). Sans aucun contact entre eux, par le déplacement d'ondes dans l'espace qui se propagent en ligne droite sans aucun support de matière.



Figure I.3 : Transfert de chaleur par rayonnement

I.4. Notions thermiques

• Flux thermiques

Le flux thermique est la quantité d'énergie thermique qui traverse une surface isotherme par unité de temps.

$$q = \frac{\partial Q}{\partial t} \quad \text{En (w)} \dots\dots\dots 1$$

- **Conductivité thermique**

La conductivité thermique (notée λ) correspond à la capacité d'un matériau à conduire la chaleur. Elle représente la quantité de chaleur transférée par unité de surface et par unité de temps, sous un gradient de température.

$$\lambda = q / e \Delta T \quad (w/m^2.K) \dots\dots\dots 2$$

- **Résistance thermique**

La résistance thermique (notée R) correspond à la capacité d'un matériau à résister au froid et à la chaleur. Elle est déterminée en divisant l'épaisseur du matériau (e) par la conductivité thermique de ce dernier (λ).

$$R = (m^2.K/w) \dots\dots\dots 3$$

- **Le coefficient de transmission calorifique**

Le coefficient de transmission calorifique (notée U) caractérise les déperditions thermiques d'un matériau ou d'une paroi. C'est l'inverse de la résistance thermique.

$$U = 1/R \quad (w/m^2.K) \dots\dots\dots 4$$

- **Capacité thermique massique**

On appelle capacité thermique massique (C_p) la quantité de chaleur qu'il faut appliquer à 1kg de matière pour élever sa température de 1K.

- **Capacité thermique**

La capacité thermique est l'énergie qu'il faut apporter à un corps pour augmenter sa température de un 1K. Elle s'exprime en (J/K). C'est une grandeur extensive.

$$C = C_p \times m \dots\dots\dots 5$$

I.5. L'isolation thermique :

I.5.1. Définition :

L'isolation thermique est la propriété que possède un matériau de construction pour diminuer le transfert de chaleur entre deux ambiances. Elle permet à la fois de réduire les consommations d'énergie de chauffage ou de climatisation (limite les déperditions en hiver et les apports en été), et d'accroître le confort (maintien les températures et l'hygrométrie aux niveaux de confort d'été comme d'hiver et règle le problème de parois froides en hiver et chaude en été).

Selon la littérature, l'isolation thermique est une technique ou un moyen matériel (un matériau ou combinaison de matériaux) de limiter les transferts de chaleur par conduction, convection et rayonnement entre l'extérieur et l'intérieur d'un logement. Il retarde le flux de chaleur à l'intérieur ou à l'extérieur d'un bâtiment en raison de sa haute résistance thermique.

I.5.2. Les isolants :

Tout matériau, solide ou liquide (ou gazeux) possède une capacité à stocker ou céder de l'énergie sous forme de chaleur.

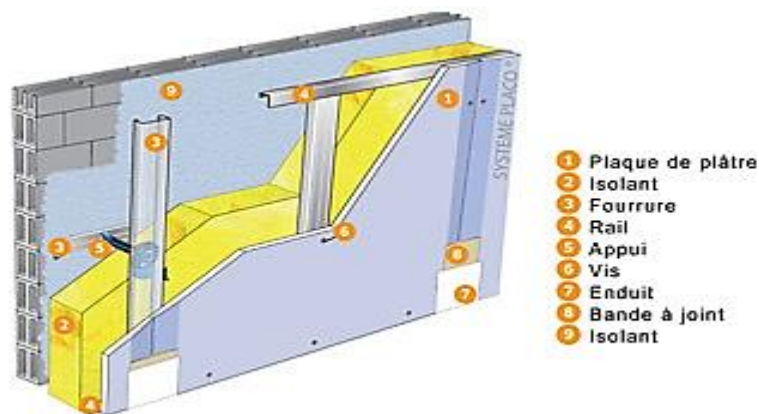


Figure I.4: isolation thermique

Deux possibilités s'offrent au concepteur et réalisateur pour isoler une paroi :

- **L'isolation par l'intérieure :**

Consiste à isoler un bâtiment de l'intérieur en apposant un isolant derrière une cloison maçonnée ou une ossature, procédé le plus utilisé par les constructeurs à cause de sa facilité de mise en œuvre. Son inconvénient est qu'il annule l'inertie thermique de la paroi isolée et n'évite pas les ponts thermiques sur la maçonnerie.

- **L'isolation par l'extérieur :**

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

Un bon isolant est évidemment un mauvais conducteur de la chaleur. En générale les matériaux les plus légers sont de meilleurs isolants plus le matériau est dense, plus les atomes sont

proches les uns des autres, ce qui signifie que le transfert d'énergie d'un atome à un autre est plus facile.

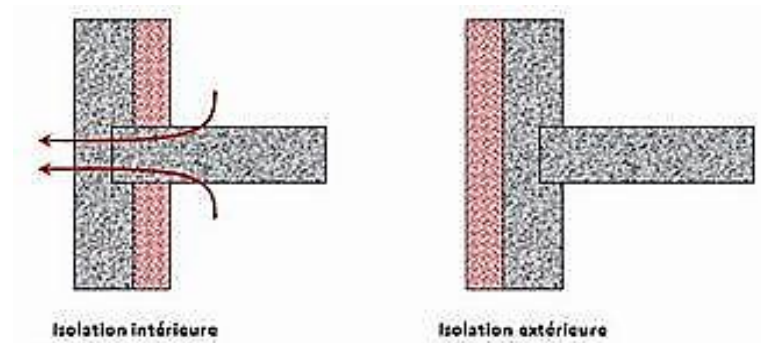


Figure I.5 : Isolation intérieure et extérieure des murs.

I.5.3. Avantages d'isolation thermique

L'intérêt principal de l'isolation thermique c'est qu'elle permet de réduire la dépendance sur les systèmes (mécanique/ électrique) pour exploiter le bâtiment confortablement et, par conséquent, conserve l'énergie et les ressources naturelles associées. En plus de confort thermique, il existe également plusieurs autres avantages de l'utilisation d'isolation thermique dans le bâtiment qui peuvent être résumées comme suit :

- **Avantage économique** : des économies d'énergie importantes peuvent être atteintes à l'aide d'utilisation d'isolation thermique, avec peu de dépenses en capital. Il réduit les coûts d'exploitation de l'énergie.
- **Avantage environnemental** : L'utilisation d'isolation thermique non seulement réduit les coûts d'exploitation de l'énergie, mais entraîne également des avantages environnementaux comme la valorisation des déchets rejetés qui causent des émissions polluantes.
- **Réduire le niveau de bruit** : L'isolation peut réduire le bruit nuisible et stressant des espaces voisins ou de l'extérieur. Cela améliore le confort acoustique des bâtiments isolés.
- **Intégrité structurale d'un bâtiment** : Les fortes variations de température peuvent causer des mouvements thermiques indésirables, ce qui pourrait endommager la structure du bâtiment. La préservation des bâtiments avec des fluctuations minimales de température contribue à la préservation de l'intégrité des structures de bâtiments. Ceci peut être réalisé par l'utilisation d'une isolation thermique appropriée en augmentant ainsi la durée de vie des structures du bâtiment.

- **Empêchement de condensation de vapeur** : Bonne installation de l'isolation thermique aide à prévenir la condensation de vapeur sur la surface de bâtiment. Cependant, il faut faire attention à éviter les effets néfastes de la structure du bâtiment dommageable, qui peuvent résulter de mauvaise installation de matériaux d'isolation ou une mauvaise conception. En plus, les pare-vapeur sont généralement utilisés pour empêcher la pénétration d'humidité dans un isolant à basse température.
- **Protection contre le feu** : Si le matériau isolant approprié est choisi et correctement installé, il peut aider à retarder la chaleur et à empêcher l'immigration de flamme dans la construction en cas d'incendie.

I.5.4. Classification des isolants :

Les isolants disponibles sur le marché sont de sources très diverses (minérales, végétales, synthétiques...) et se présentent sous des formes très variées (panneaux rigides, vrac, rouleaux...).

Plusieurs critères caractérisent un isolant :

- **Sa conductivité thermique (λ)** : exprimée en W/m.K , caractérise le comportement du matériau lors du transfert de chaleur par conduction : elle désigne la quantité de chaleur qui traverse un mètre d'épaisseur de ce matériau par seconde. Plus le λ est faible, plus le matériau présente des qualités isolantes.
- **Sa capacité thermique(s)** : exprime en $\text{J.m}^{-3}/\text{K}$, qui représente la capacité d'un matériau à stocker de la chaleur rapportée à son volume.
- **Sa chaleur spécifique(c)** : exprimée en J/kg.K , la chaleur spécifique d'un matériau est sa capacité à stocker de la chaleur par rapport à son poids.
- **La densité(p)** : exprimée en kg.m^{-3} , afin de favoriser une bonne inertie thermique, d'assurer une bonne isolation thermique d'été et de concourir également à une bonne isolation phonique, il faut privilégier une densité élevée.
- **Son effusivité (ef)** : exprime en indique la vitesse à laquelle la température de surface d'un matériau varie et exprime la capacité d'un matériau à absorber (ou restituer) de la chaleur.

Ce sont principalement ces différentes caractéristiques qui doivent vous permettre de choisir un isolant plutôt qu'un autre, en fonction des qualités recherchées : isolation thermique, inertie, confort d'été...

I.6. Les matériaux à changement de phase

I.6.1. Définition :

On appelle matériaux à changement de phase ou MCP, tout matériau capable de changer d'état physique dans la plage de température restreinte. Cette plage est grossièrement située entre 10°C et 80°C. Dans cet intervalle de température, le changement de phase prépondérant reste la fusion/solidification. Ces températures sont accessibles naturellement et sont omniprésentes dans la vie quotidienne. On distingue deux types de transfert de chaleur (ou transfert thermique) :

- **Le transfert thermique par chaleur sensible (CS) :** dans ce cas, le matériau en question peut céder ou stocker de l'énergie en voyant varier sa propre température, sans pour autant changer d'état. La grandeur utilisée pour quantifier la CS échangée par un matériau est la chaleur massique, notée C_p et exprimée en $J/(kg \cdot K)$.
- **Le transfert thermique par chaleur latente (CL) :** dans ce cas, le matériau peut stocker ou céder de l'énergie par simple changement d'état, tout en conservant une température constante, celle du changement d'état. La grandeur utilisée pour quantifier la CL échangée par un matériau est la chaleur latente de changement de phase notée L_f (f pour fusion) pour un changement de phase liquide/solide, et L_v (v pour vaporisation) pour un changement de phase liquide/vapeur. Celle-ci est exprimée en J/kg .

I.6.2. Intérêts des matériaux à changement de phase :

Il est important de noter que les quantités d'énergie mises en jeu dans le processus de changement de phase sont bien plus importantes que celles qui interviennent lors de transferts sensibles. C'est grâce à ces transferts latents qu'il est aujourd'hui possible de réduire considérablement le volume d'un élément de stockage d'énergie, ou encore d'augmenter très fortement la quantité d'énergie contenue dans un même volume de stockage.

I.6.3. Types de matériaux à changement de phase

Il existe de nombreux types de matériaux à changement de phase, parmi ces matériaux, on distingue trois grandes familles :

- **Les composés minéraux :** parmi ces composés les sels hydratés sont les seuls qui présentent un intérêt pour son utilisation autant que MCP ; en revanche, leur principal défaut concerne leur tendance à la surfusion.

- **Les composés organiques** : de propriétés thermiques moindres que les sels hydratés, ils présentent l'avantage de n'être pas ou très peu concernés par la surfusion.
- **Les eutectiques** : sont un mélange de corps purs possédant une température de fusion constante pour une valeur particulière de concentration ils peuvent être organique ou inorganique, on peut néanmoins noter la dangerosité de certaines de ces substances.

I.6.4. Critère de choix d'un MCP :

Le choix d'un MCP doit être fait selon plusieurs critères pour le stockage de l'énergie thermique sous forme de chaleur latente sont :

- **Propriétés thermiques**

La température de transition de phase doit être conforme au domaine d'application

Une chaleur latente de transition élevée

Une bonne qualité de transfert de chaleur

- **Propriétés physiques**

Une stabilité des phases favorable pour le stockage de la chaleur

La tension en vapeur doit être minimale l'expansion volumique petite

- **Propriétés cinétique**

La surfusion doit être réduite

Un taux de cristallisation important

- **Propriétés chimiques**

Une stabilité chimique à long terme des cycles de fusion/solidification

La compatibilité avec les matériaux de construction

L'étude de la dangerosité du produit

- **Aspect économique**

Le coût est un critère très important, celui-ci diffère selon l'utilisation

Disponibilité en grande quantité

Introduction

Le (DTR) est un document technique réglementaire qui a pour objet de fixer les méthodes de détermination des apports calorifiques et des déperditions thermiques, vérification de la conformité à la réglementation thermique d'été et d'hiver des bâtiments.

Les méthodes de détermination des apports calorifiques et des déperditions thermiques du présent (DTR) s'appliquent aux locaux à usage : d'habitation, d'hébergement, de bureaux, d'accueil, de réunion, de restauration.

II. Les apports calorifiques**II.1. Définition**

Les apports calorifiques (appelés aussi gains) 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 intérieures et extérieures déterminées, et ne tenant pas compte des apports dus à l'installation.

II.2. Calcul des apports calorifiques

Les apports calorifiques doivent être déterminés selon les étapes suivantes :

- Définition des zones thermiques
- Détermination de l'intervalle de temps critique
- Calcul des apports calorifiques pour chaque volume thermique et pour toutes les heures situées dans l'intervalle du temps critique
- Calcul des apports calorifiques effectif
- Calcul de la puissance frigorifique
- Adoption d'un système de conditionnement d'air

II.2.1. Les apports calorifiques sensibles A_s et latents A_l sont donnés par

$$A_s = A_{PO} + A_V + A_{Is} + A_{INFs} \quad [W] \quad \dots\dots\dots (II.1)$$

$$A_l = A_{Il} + A_{INFl} \quad [W] \quad \dots\dots\dots (II.2)$$

- A_{PO} (en W) représente les apports par les parois opaques,

- AV (en W) représente les apports à travers les parois vitrées,
- AIs et AI1 (en W) représentent les parties sensibles et latentes des apports internes,
- AINFs et AINF1 (en W) représentent les parties sensibles et latentes des apports dus aux infiltrations d'air,

II.2.2. Les apports calorifiques effectifs sensibles AEs et latents AEI sont donnés par

$$AEs = (C\Delta as \times As) + (BF \times ARENs) \quad [W] \dots\dots\dots (II.3)$$

$$AEI = (C\Delta al \times AI) + (BF \times ARENI) \quad [W] \dots\dots\dots (II.4)$$

- **As (en W)** représente les gains sensibles,
- **AI (en W)** représente les gains latents,
- **ARENs et ARENi (en W)** représentent les parties sensibles et latentes des apports

Dus à la ventilation des locaux,

- **BF** ou facteur de by-pass exprime la partie de l'air extérieur (air neuf) non traité par l'installation de climatisation (imperfection de l'appareil de traitement), et qui parvient au local sans modifications (**BF=0.40**)
- **CΔas** est un coefficient de majoration des gains sensibles qui prend en compte les gains supplémentaires (Échauffement du ventilateur, réseau de conduits d'air traversant des locaux non conditionnés)
- **CΔall** est un coefficient de majoration des gains latents qui prend en compte les gains supplémentaires (tels que ceux dus aux fuites d'air éventuelles dans les réseaux de conduits d'air)

II.2.3. Les apports calorifiques totaux sensibles ATs et latents ATi sont donnés par

$$ATS = (C\Delta AS \times AS) + ARENs \quad [W] \dots\dots\dots (II.5)$$

$$ATI = (C\Delta AL \times AI) + ARENL \quad [W] \dots\dots\dots (II.6)$$

II.2.4. Vérification réglementaire

La somme des apports calorifiques par les parois vitrées et les parois opaques aériennes doit vérifier au mois de Juillet à 15 h TSV, pour une température sèche intérieure de 27°C, la relation ci-après :

$$APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1.05 \times A_{REF} (15 \text{ h}) \quad [W] \dots\dots\dots (II.7)$$

- **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,
- **A_{REF} (en W)** désigne les apports calorifiques de référence,

Les apports calorifiques de référence A_{REF} sont donnés par :

$$AREF = A_{REF, PH} + A_{REF, PV} + A_{REF, PVI} \quad [W] \dots\dots\dots (II.8)$$

- **A_{REF, PH} (en W)** désigne les apports calorifiques de référence à travers les parois opaques horizontales,
- **A_{REF, PV} (en W)** désigne les apports calorifiques de référence à travers les parois opaques verticales,
- **A_{REF, PVI} (en W)** désigne les apports calorifiques de référence à travers les parois vitrées,

II.2.5. Apports de référence des parois opaques horizontales

Les apports calorifiques de référence des parois opaques horizontales A_{REF,PH} sont calculés par la formule suivante :

$$A_{REF,PH} = \Sigma (a \times S_{INT} \times \Delta T_{S_{REF,PH}}) \quad [W] \dots\dots\dots (II.9)$$

- **a (en W/m².°C)** est un coefficient lié à la nature de la construction et fonction de la zone climatique;
- **S_{int} (en m²)** désigne la surface de la paroi horizontale comptée de l'intérieur ;
- **ΔT_{S_{REF}, PH} (en °C)** est la différence de température de référence pour les parois horizontales.

II.2.6. La valeur du coefficient a est égale à

- 1,90 W/m².°C pour les planchers hauts (plafonds) en contact avec un local non conditionné (quelle que soit la zone climatique) ;

- 2,70 W/m².°C pour les planchers bas en contact avec un local non conditionné (quelle que soit la zone climatique) ;
- donnée dans le tableau 1 pour les planchers hauts en contact avec l'extérieur

Valeurs de a (en W/m ² .°C)		
Zone Climatique	Logement Individuel	Logement en immeuble collectif, bureau
A	1.10	1.10
B	1.10	0.9
B'	1.10	0.9
C	1.10	0.85

Tableau II.1 : valeur de a

1.1 Apports de référence des parois opaques verticales

Les apports calorifiques de référence des parois opaques verticales Aréf, PV sont calculés par la formule suivante :

$$A_{REF,PV} = \Sigma (c \times S_{int} \times \Delta T_{S_{REF,PV}}) \quad [W] \dots\dots\dots (II.10)$$

- **c (en W/m².°C)** est un coefficient lié à la nature de la construction et fonction de la zone climatique,

- **S_{int} (en m²)** désigne la surface de la paroi verticale comptée de l'intérieur,

- **ΔT_{S_{REF}, PVI} (en °C)** est la différence de température de référence pour la paroi opaque verticale

II.2.7. Apports de référence des parois vitrées

Les apports de référence pour les parois vitrées sont donnés par la somme des apports de référence de chaque paroi vitrée.

- Les apports de référence A_{REF, PVI} pour une paroi vitrée en contact avec l'extérieur sont donnés par :

$$A_{REF, PVI} = A_{VE_{REF}} + A_{VT_{REF}} \quad [W] \dots\dots\dots (II.11)$$

- **A_{VE_{REF}} (en W)** désigne les apports de référence dus à l'ensoleillement,

- **A_{VT_{REF}} (en W)** désigne les apports de référence dus au gradient de température.

- Les apports de référence dus à l'ensoleillement à travers une paroi vitrée AVE_{REF} sont donnés par :

$$AVE_{REF} = [SV_{ENS} \times It + (SV - SV_{ENS}) \times Id] FS_{REF} \times NPVI_{REF} \quad [W] \dots\dots\dots (II.12)$$

- **SV (en m²)** est la surface totale vitrée,
- **SV_{ENS} (en m²)** est la surface vitrée ensoleillée à 15 h TSV
- **It (en W/m²)** est le rayonnement total maximal réel pour l'orientation et la latitude considérées,
- **Id (en W/m²)** est le rayonnement diffus maximal réel,
- **FS_{REF}** est un facteur solaire de référence qui égal à :
 - 0,15 pour les locaux à usage d'habitation et d'hébergement,
 - 0,38 pour les locaux à usage de bureaux.
- **NPVI_{REF}** est le coefficient d'amortissement relatif aux gains de référence des parois vitrées pour l'orientation considérée ; les valeurs de NPVI_{REF}

II.2.8. Apports à travers les parois opaques

II.2.8.1. Parois extérieures

Les parois opaques extérieures sont celles qui sont en contact direct avec l'air extérieur (verticales ou horizontales).

Les apports de chaleurs à travers une paroi opaque à un instant t, $APO(t)$, sont donnés par la formule suivante :

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{INT} \times \Delta te(t) \quad [W] \dots\dots\dots (II.13)$$

- **1,2 (sans dimension)** est un coefficient de majoration tenant compte des apports latéraux linéiques (à travers les ponts thermiques),
- **K_{été} (en W/m². °C)** est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été,
- **S_{INT} (en m²)** est la surface intérieure totale de la paroi considérée ; pour les toitures en pente, on prendra la projection horizontale de la surface ;
- **Δte(t) (en °C)** est la différence équivalente de température à l'heure t ;

- Le coefficient $K_{été}$ des parois opaques est donné par la formule suivante

$$K_{été} = \frac{1}{\sum R} \dots\dots\dots (II.14)$$

- $\sum R$ (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$) représente la somme des résistances thermiques des différentes Couches de matériaux constituant la paroi.

- La différence de température équivalente $\Delta te(t)$ est donnée par

 Paroi ensoleillée

$$\Delta te(t) = \Delta tes(t) + C\Delta te + \frac{\alpha}{0.9} \times [\Delta tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{It,b}{It,b(40)} \quad [^\circ C] \dots\dots\dots (II.15)$$

 Paroi à l'ombre 24 h / 24

$$\Delta te(t) = \Delta tes(t) + C\Delta te \quad [^\circ C] \dots\dots\dots (II.16)$$

- $\Delta tes(t)$ (en $^\circ C$) est la différence de température équivalente à l'heure t en considérant que la paroi est à l'ombre ;

- $C\Delta te$ (en $^\circ C$) est un facteur de correction dû, d'une part, à la différence maximale ΔTS_{max} de la température sèche de l'air entre l'extérieur et l'intérieur pour le mois

Considérez, et d'autre part à l'écart diurne de base E_b pour le mois considéré ;

- $\Delta tem(t)$ (en $^\circ C$) est la différence équivalente de température à l'heure t pour

L'orientation de la paroi considérée ;

- It,b (en W/m^2) est le rayonnement total de base pour le mois,

- $It,b(40)$ (en W/m^2) est le rayonnement total de base pour le mois de Juillet,

Le facteur d'absorption α des parois extérieures est donné ci-après selon que la paroi est peinte ou non.

Le facteur d'absorption α d'une paroi extérieure peinte est donné en fonction de la couleur de la face extérieure de la paroi :

- face extérieure de couleur sombre (bleu foncé, rouge foncé, brun foncé), $\alpha = 0,90$;

- face extérieure de couleur moyenne (vert clair, bleu clair, gris clair), $\alpha = 0,70$;

- face extérieure de couleur claire (blanc, crème), $\alpha = 0,50$;

- face extérieure de couleur noire mat, $\alpha = 1$.

Le facteur d'absorption α d'une paroi extérieure non peinte est donné dans le tableau ci-dessous en fonction du matériau constituant la face extérieure de la paroi

Nature du matériau	Facteur d'absorption	Nature du matériau	Facteur d'absorption
Asphalte	0.90	Pierre calcaire blanche	0.60
Feutre bitumé	0.90	Granit poli	0.45
Sable	0.70	Acier poli	0.06
Ardoise	0.93	Cuivre poli	0.04
Tuile	0.80	Aluminium poli	0.04
Carrelage claire	0.30	Tôle galvanisée	0.70
Marbre poli	0.60	Amiante ciment	0.96
Tôle oxydée	0.80	Peinture d'aluminium	0.60
Tôle rugueuse	0.94	Fonte brute	0.80
béton, brique	0.75	Gravier	0.80

Tableau II.2 : facteurs d'absorption

II.2.8.2 Parois intérieures

Les apports de chaleur à un instant t , $APO(t)$, traversant une paroi opaque en contact avec deux locaux conditionnés sont donnés par la formule suivante :

$$APO(t) = K_{\text{été}} \times S_{\text{INT}} \times [TS_A - TS_{B,I}] \quad [W] \dots\dots\dots(II17)$$

- **$K_{\text{été}}$ (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$)** est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée,
- **S_{INT} (en m^2)** est la surface intérieure de la paroi considérée,
- **TS_A (en $^\circ C$)** est la température sèche de l'air intérieur du local adjacent,
- **$TS_{B,I}$ (en $^\circ C$)** est la température sèche de l'air intérieur du local considéré.

2.8.3. Parois en contact avec le sol :

Les apports par transmission à travers les parois en contact avec le sol sont calculés en fonction de la différence de niveau z. La différence de niveau z est :

- pour un plancher, la différence comptée positivement entre le niveau de la face supérieure du plancher et le niveau du sol,
- pour un mur enterré, la différence comptée positivement entre le niveau du sol et le niveau considéré du mur.

Les apports par transmission pour une paroi en contact avec le sol, plancher ou mur enterré, sont considérés comme nuls au-delà de $z = z_{lim}$ ($z > z_{lim}$) dont les valeurs sont données dans le tableau ci-dessus :

Valeur de z Lim						
Température du local conditionnée	Zone climatique					
	A	B, C	B' altitude<500 m	C1	C2	C3
24	3,80	5,40	5,60	7,80	7,40	5,80
25	3,40	5,00	5,20	7,40	7,00	5,40
26	3,00	4,60	5 ,80	7,00	3,60	5,00
27	2,60	4,20	5,40	5,60	3,20	4,60

Tableau I.3 : valeurs de z lim (en m)

Formule de calcul

$$APO = K_{ete} \times S_{APP} (T_{SM} - T_{Si,B}) \quad [W] \quad \dots\dots\dots (II.18)$$

II.2.9. Apports à travers les parois vitrées :

Les apports à travers les parois vitrées intérieures AVT(t) sont dus uniquement a la différence de température de part et d'autres de la parois. Ils sont donnés par :

$$AVT(t) = K_{ETE} \times S_{OUV} \times [(T_{Se}(t) - Clnc) - T_{Sb,i}] \quad [W] \quad \dots\dots\dots (II.19)$$

- **Souv (en m²)** est la surface de l'ouverture dans la paroi opaque,
- **TSe(t) (en °C)** est la température extérieure sèche à l'heure t,
- **TSb,i (en °C)** est la température intérieure sèche de base pour le local considéré
- **Clnc** est un coefficient correcteur,

Les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées extérieures AVE(t) sont donnés par :

$$AVE(t) = [SV_{ENS} \times It + (SV - SV_{ENS}) \times Id] \times FS \times NPVI(t) \quad [W] \dots\dots\dots (II.20)$$

- **SV (en m²)** est la surface totale vitrée,
- **SV_{ENS} (en m²)** est la surface vitrée ensoleillée,
- **It (en W/m²)** est le rayonnement total maximal réel,
- **Id (en W/m²)** est le rayonnement diffus maximal réel,
- **NPVI(t)** représente le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure t considérée,
- **FS** est le facteur solaire du vitrage,

II.9.1. Détermination du coefficient d'amortissement

Le coefficient d'amortissement NPVI(t) est donné dans les tableaux ci-dessus en fonction de la durée de fonctionnement des installations, de la présence ou non de protections (stores, volets, rideaux, etc.), de la masse M rapportée à la surface du plancher, de l'orientation de la paroi vitrée et de l'heure solaire vraie.

En l'absence d'informations, on pourra prendre :

- locaux à usage d'habitation, d'hébergement et de vente :
 - Zones A, B, B' et C : 12 heures de fonctionnement,
 - zones D1, D2 et D3 : 16 heures de fonctionnement ;
- locaux à usage d'enseignement, de bureaux, d'accueil et de réunion : 12 heures de fonctionnement ;
- locaux de restauration et à usage artisanal : 16 heures de fonctionnement.

Pour l'utilisation des tableaux I.4, toute paroi vitrée sans protection intérieure est considérée comme une paroi vitrée sans protection (même si elle comporte une protection extérieure, ou si elle est protégée de l'ensoleillement direct par des saillies).

La masse M rapportée à la surface du plancher est donnée par :

$$M = \frac{\sum m_{ext} + \frac{1}{2} \sum m_{sep} + \sum m_i}{S_{pl}} \quad [kg/m^2] \dots\dots\dots (II.21)$$

- **m_{ext} (en kg)** est la masse des parois séparant la zone thermique considérée et l'environnement extérieur (murs extérieurs, toiture, plancher éventuel en contact avec le sol) ;

- **m_{sep} (en kg)** est la masse des parois séparant la zone thermique considérée et les autres zones thermiques (cloisons, planchers intermédiaires, plafonds) ;

- **m_i (en kg)** désigne toute masse fixe (cloisons, murets, cage d'escalier, etc.) se trouvant au sein de la zone thermique considérée

- **S_{pl} (en m²)** est la surface de plancher pour la zone thermique considérée ; si une zone thermique a été définie sur plusieurs niveaux, **S_{pl}** est la somme des surfaces de plancher.

Pour le calcul de **M**, on ne tiendra pas compte de la masse des parois vitrées.

		M	Temps solaire vrai																									
		Kg / m²	Protection intérieur													Sans ou avec protection extérieure												
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
E		≥750	51	66	71	67	57	40	29	26	25	23	21	19	36	44	50	53	53	50	44	39	36	34	30	28		
		500	52	67	73	70	58	40	29	26	24	21	19	16	34	44	54	58	57	51	44	39	34	31	28	24		
		≤150	53	74	82	81	65	43	25	19	16	14	11	09	36	56	71	79	70	54	39	28	23	18	15	12		
S		≥750	28	25	40	53	64	72	77	77	73	67	49	31	47	43	42	46	51	56	61	65	66	65	61	54		
		500	26	22	38	51	64	73	79	79	77	65	51	31	44	37	39	43	50	57	64	68	70	68	63	53		
		≤150	21	29	48	67	49	82	89	83	56	50	24	16	28	19	25	38	54	68	78	84	82	76	61	42		
O		≥750	63	31	28	27	25	24	22	29	46	61	71	72	56	49	44	39	36	33	31	31	35	42	49	54		
		500	67	33	28	26	24	22	20	28	44	61	72	73	60	52	44	39	34	31	29	28	33	43	51	57		
		≤150	77	34	25	20	17	14	13	12	44	67	82	85	77	56	38	28	22	18	16	19	33	52	69	77		
N		≥750	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	75	75	79	83	84	86	88	88	91	92	93	93		
		500	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	81	84	86	89	91	93	93	94	94	95	95	95		
		≤150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		

Tableau II.4 : valeur de np

II.9.2. Facteurs solaire

Le facteur solaire FS est égal au rapport du flux total transmis par le vitrage antisolaire (FTas) au flux transmis à travers un vitrage ordinaire (FT vo) dans les conditions de référence.

En d'autres termes, FS = 1 pour un vitrage ordinaire, FS < 1 pour un vitrage antisolaire.

Pour réduire le coût de la climatisation, on est donc amené à installer des vitrages antisolaires.

Les valeurs de FS sont données dans le tableau ci-dessus :

Apport	Nature des apports	Coefficient de simultanité Cs				
		Locaux				
		Bureaux Réunions Accueils	Logement hébergement	Vente Restauration	Artisanal industriel	enseignements
Occupant	Sensible Latent	0.80	0.50	0.80	0.90	1.00
Moteurs électriques	Sensible	0.60	0.50	0.85	0.85	0
Appareils électrique	Sensible Latent	0.60	0.50	0.85	0.85	0
Eclairages fluorescents non encastrés	Sensible	0.70	0.35	0.90	0.85	0.90
Eclairage fluorescent encastrés, éclairage incandescent non encastré	Sensible	0.70	0.35	0.90	0.85	0.90
Eclairage encastré dans un faux-plafond avec plénum de reprise	Sensible	0.70	0.35	0.90	0.85	0.90
Appareils à gaz	Sensible Latent	0	0.50	0.85	0.85	0
Réservoir	Sensible Latent	0	1.00	1.00	1.00	0
Evaporation libre	Sensible Latent	0	1.00	1.00	1.00	0
Vapeur vive	Sensible Latent	0	0	1.00	1.00	0
Tuyauterie, conduits d'airs	Sensible	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tableau II.5 : facteur solitaire des vitrages spéciaux en simple épaisseur

II.9.3. Le rayonnement total maximal réel I_t

Le rayonnement total maximal réel I_t et le rayonnement diffus maximal réel I_d sont donnés par

$$I_t = [C_{CADRE} \times C_{LIMP} \times C_{ALT} \times C_{ROSE}] I_{t,b} \quad [W/m^2] \quad \dots\dots\dots (II.22)$$

$$I_d [C_{CADRE} \times C_{LIMP} \times C_{ALT} \times C_{ROSE}] I_{d,b} \quad [W/m^2] \quad \dots\dots\dots (II.23)$$

Où :

- C_{CADRE} est un coefficient tenant compte de la nature du cadre ;
- C_{LIMP} est un coefficient tenant compte de la limpidité de l'atmosphère ;
- C_{ALT} est un coefficient tenant compte de l'altitude ;
- C_{ROSE} est un coefficient tenant compte de la valeur du point de rosée
- $I_{t,b}$ et $I_{d,b}$ (en W/m^2) sont les rayonnements total et diffus de base
 - Le coefficient de correction C_{CADRE} est donné ci-après :
- $C_{CADRE} = 1,17$ pour un cadre métallique,
- $C_{CADRE} = 1$ pour un cadre en bois, ou en PVC.
 - Le coefficient de correction C_{LIMP} est donné ci-après :
- $C_{LIMP} = 1$ pour une atmosphère limpide ; on pourra adopter une atmosphère limpide en zone rurale, hors agglomération (oasis, hameaux, etc.) ;
- $C_{LIMP} = 0,92$ pour une atmosphère peu limpide ; on pourra adopter une atmosphère peu limpide pour les zones suburbaines, les zones résidentielles des villes ;
- $C_{LIMP} = 0,87$ pour une atmosphère obscure ; on pourra adopter une atmosphère obscure pour le centre des grandes villes, les zones industrielles, à proximité d'industries

Polluantes.

- Le coefficient de correction C_{ALT} est obtenu en augmentant sa valeur de 0,7 % par 300m en prenant $C_{ALT} = 1$ pour l'altitude 0 (par exemple, si l'altitude est égale à 349 m, ($C_{ALT} = 1,007$))
- Le coefficient de correction C_{ROS} est donné dans le tableau II.6 en fonction de la zone climatique

Zone		C _{ros}
A	alt<500	0,99
	500≤alt<1000	1,02
	alt>1000	1,02
B	alt<500	1,03
	500≤alt<1000	1,05
	alt>1000	1,07
B1	toutes	1,10
B2		

Tableau II.6 C_{ros}

II.2.10. APPORTS DE CHALEUR INTERNES

On désigne par apports de chaleur internes, ou gains internes, les quantités de chaleur dégagées sous forme latente ou sensible à l'intérieur des locaux conditionnés.

Les gains internes prévus par ce DTR sont ceux ayant pour origine les occupants, les machines entraînées par des moteurs électriques, les appareils électriques, l'éclairage, les appareils à gaz, les réservoirs, l'évaporation libre, l'introduction de vapeur vive, les tuyauteries et les conduits d'air intérieurs.

Principes de calcul

Les apports internes, lorsqu'ils existent, sont calculés en le considérant constant pendant la durée de fonctionnement de l'installation de climatisation.

Les apports internes sont calculés en considérant un amortissement des gains sensibles. On utilise pour les besoins du calcul un coefficient dit d'amortissement noté NAI(t). Le coefficient d'amortissement NAI(t) est à affecter séparément pour chaque apport interne.

Les apports internes sont déterminés en multipliant, pour chaque apport, les gains maximaux par un coefficient de simultanéité (noté CS) spécifique à chaque apport.

Les apports de chaleur internes AI(t) à l'instant t sont donnés par la formule

$$AI(t) = \sum j (CS_j \times AIs.j \times NAI.j) + \sum (CS_j \times AII.j) \quad [W] \dots\dots\dots (II.24)$$

- AIsj (en W) représente la partie sensible de l'apport interne j;

Apports	Nature des apports	Coefficient de simultanéité				
		Locaux				
		Bureaux	logement	restauration	artisanal	enseignement
Occupants	sensible	0,8	0,5	0,8	0,9	1
Eclairages	sensible	0,7	0,35	0,9	0,85	0,9

Tableau II.7 : coefficients de simultanéité de gains internes

II.2.10.1. Gains dus ou occupant

Les gais dus aux occupants et une source de chaleur sensible et latent pour les calculs en doit tenir compte de nombre des occupants dans chaque pièce du bâtiment.

Si une zone thermique est définie, le nombre des occupants et de 4 occupants pour tout le bâtiment pour chaque pièce la moyenne des occupants et d'un occupant.

Les gains internes pour un occupant sont donnés dans le tableau ci-dessus :

Degré d'activité	Exemple d'application	Température sèche du local (°C)				
		28	27	26	24	21
		Apports sensible (sen) et latent (lat) en w/pers				
		Sen lat	Sen lat	Sen lat	Sen lat	Sen lat
Assis, travail très léger	Logement, bureaux	52 79	58 73	63 69	71 60	83 94
		52 94	58 88	64 83	74 72	85 62

Tableau II.8 : gains dus aux occupants

II.10.2. Gains dus aux machines électriques :

Les appareils peuvent constituer à la fois une source de chaleur sensible et latente, ou seulement une source de gains sensibles.

Une machine électrique utilisée dans un local dégage intégralement l'équivalent calorifique de la puissance électrique moyenne absorbée

Pour la détermination des apports dus aux machines électriques, on utilisera soit :

- les indications données par le fabricant ;
- les formules du tableau I.9 pour le calcul de la puissance absorbée, cette puissance constituant les gains sensibles ; pour certains appareils (de cuisines, de restaurants, etc.), il y a lieu de tenir

compte aussi des gains latents ; on pourra alors utiliser les formules relatives aux gains par évaporation

- à défaut, les valeurs des tableaux ci-dessus :

appareils	gains à admettre (en w)		
	Sens	Lat	total
appareils ménagers			
four électrique	3000	610	3610
four micro-onde	1400	-	1400
cuisinière électrique	3000	1500	4500
télévision	150	-	150
réfrigérateur(2001)	175	-	175
machine à laver (3kg)	3000	1500	4500
micro-ordinateur	450	-	450
moulin à café	500	140	640
Mixer	1000	277	1277
fer à repasser	500	280	780
Aspirateur	200	-	200

Tableau II.10 : Apports calorifiques dus aux appareils ménagers

II.10.3. Gains dus à l'éclairage :

Les appareils d'éclairages constituent une source de chaleur sensible, si l'on connaît la puissance installé pour l'éclairage, les gains dus à l'éclairage sont donnés par la formule suivante :

$$AI = \sum(W_n \times C_{me} \times C_{cr}) \quad [W] \dots\dots\dots (II.25)$$

- **W_n (en W)** est la puissance nominale de l'ampoule ou du tube fluorescent ;

- **C_{me}** est un coefficient de majoration ; il est égal à :

- 1,2 pour les lampes à incandescence,
- 1,25 pour les tubes fluorescents ;

- **C_{cr}** est le pourcentage de chaleur résiduelle correspondant à la part d'énergie restante dans la salle ; C_{cr} est :

- égal à 1 pour les installations dont l'éclairage n'est pas raccordé à un système d'extraction d'air,
- est donné dans le tableau 11 quand l'éclairage est raccordé à un système d'extraction d'air.

Débit d'air pour 100w de puissance de lampe ou de tube (m ³ /h)	20	30	50	100
C _{cr}	0.6	0.5	0.4	0.35

Tableau II.11: valeurs de C_{cr}

Si l'on ne connaît pas la puissance installée pour l'éclairage, on calculera les gains dus à l'éclairage en utilisant le tableau ci-dessus :

Désignation du local ou genre d'activité	Intensité lumineuse recommandé (lux)	Puissance dégagée des lampes ou des tubes (W/m ²)	
		Lampes à incandescence	lampes fluorescentes
Entrepôt, pièces d'habitation, théâtre	120	25	8
Bureaux, salle de cours	250	55	16
Salles de lecture, laboratoires, magasins	500	110	32
Montages fins, ateliers, supermarchés	750	170	50
Dessin industriel, grands bureaux,	1000	-	65
Locaux industriels montages très fins	1500	-	100

Tableau II.12 : gains dus à l'éclairage

II.2. Les déperditions thermiques

II.2.1 définition

Les déperditions calorifiques sont égales au flux de chaleur sortant d'un local, ou d'un groupe de locaux, par transmission de chaleur à travers les parois et par renouvellement d'air, pour un degré d'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur. Elles s'expriment en watts par degrés Celsius ($W/^{\circ}C$).

Les déperditions calorifiques de base sont égales au flux de chaleur sortant d'un local, ou d'un groupe de locaux, par transmission de chaleur à travers les parois et par renouvellement d'air, dans les conditions intérieures et extérieures de base. Elles s'expriment en watts (W).

II.2.2. Bases de calcul et exigences

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

- définir les volumes thermiques,
- calculer pour chaque volume thermique les pertes par 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.

II.2.2.1. Définitions

Un volume thermique est un volume d'air supposé homogène en température, susceptible d'être chauffé par un corps de chauffe dimensionné à cet effet.

Un local peut être divisé en plusieurs volumes thermiques.

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

II.2.3. EXPRESSION GENERALE DES DEPERDITIONS

II.2.3.1. Déperditions totales d'un logement

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

$$D = \sum D_i \text{ [W/°C]} \quad \dots\dots\dots(\text{II.26})$$

D_i (en W/°C) représente les déperditions totales du volume i .

II.2.3.2. Déperditions totales d'un volume

Les déperditions totales D_i d'un volume i (figure II.6) sont données par :

$$D_i = (D_T)_i + (D_R)_i \text{ [W/°C]} \quad \dots\dots\dots(\text{II.27})$$

- $(D_T)_i$ (en W/°C) représente les déperditions par transmission du volume i ,

- $(D_R)_i$ (en W/°C) représente les déperditions par renouvellement d'air du volume i ,

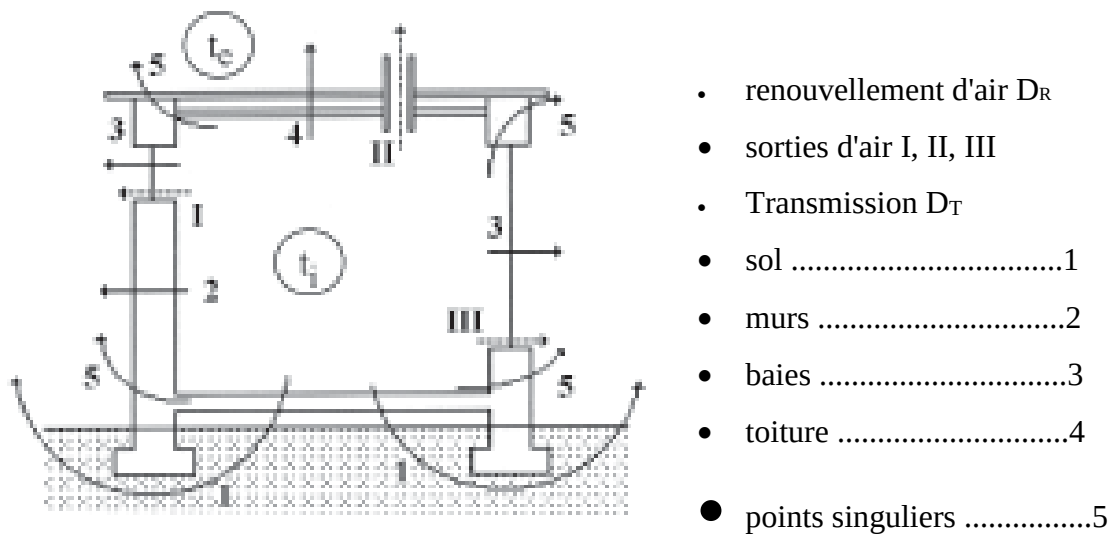


Figure II.6 : déperditions totales d'un volume

II.2.3.3. Déperditions par transmission d'un volume

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

$$(D_T)_i = (D_s)_i + (D_{li})_i + (D_{sol})_i + (D_{lnc})_i \text{ [W/°C]} \quad \dots\dots\dots(\text{II.28})$$

- $(D_s)_i$ (en W/°C) représente les déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur ;

- $(D_{li})_i$ (en W/°C) représente les déperditions à travers les liaisons ;

- $(D_{\text{sol}})_i$ (en $W/^\circ C$) représente les déperditions à travers les parois en contact avec le sol ;
- $(D_{\text{inc}})_i$ (en $W/^\circ C$) représente les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés,

II.2.3.4. Déperditions par renouvellement d'air d'un volume

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

$$(DR)_i = (DR_v)_i + (DR_s)_i \text{ [W/}^\circ\text{C]} \quad \dots\dots\dots (II.29)$$

- $(DR_v)_i$ (en $W/^\circ C$) représente les déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation,
- $(DR_s)_i$ (en $W/^\circ C$) représente les déperditions supplémentaires dues au vent,

Relation entre les déperditions du logement et les déperditions des volumes

- Les déperditions par transmission DT (en $W/^\circ C$) du logement sont égales à la somme des déperditions par transmission des différents volumes i , soit $DT = \sum (DT)_i$.
- Les déperditions par renouvellement d'air DR (en $W/^\circ C$) du logement sont égales à la somme des déperditions par renouvellement d'air des différents volumes i , soit $DR = \sum (DR)_i$.

II.2.4. Vérification et calcul des déperditions de référence

II.2.4.1. Vérification

Les déperditions par transmission D_T du logement doivent vérifier :

$$D_T \leq 1,05 \times D_{\text{REF}} \quad \text{[W/}^\circ\text{C]} \quad \dots\dots\dots (II.30)$$

- D_T (en $W/^\circ C$) représente les déperditions par transmission du logement,
- D_{REF} (en $W/^\circ C$) représente les déperditions de référence.

II.2.4.2. Calcul des déperditions de référence

Les déperditions de référence D_{REF} sont calculées par la formule suivante :

$$D_{\text{REF}} = a \times S_1 + b \times S_2 + c \times S_3 + d \times S_4 + e \times S_5 \quad \text{[W/}^\circ\text{C]} \quad \dots\dots\dots (II.31)$$

- les S_i (en m^2) représentent les surfaces des parois en contact avec l'extérieur, un comble, un vide sanitaire, un local non chauffé ou le sol. Elles concernent respectivement S_1 la toiture, S_2 le plancher bas, y compris les planchers bas sur locaux non chauffés, S_3 les murs, S_4 les portes,

S₅ les fenêtres et les portes fenêtres. S₁, S₂, S₃ sont comptées de l'intérieur des locaux, S₄ et S₅ sont comptées en prenant les dimensions du pourtour de l'ouverture dans le mur ;

- les coefficients a, b, c, d et e, (en W/m².°C), sont donnés dans le tableau (II.2). Ils dépendent de la nature du logement et de la zone climatique

Zone	Logement individuel				
	a	b	c	d	e
A	1.10	2.40	1.40	3.40	4.50
B	1.10	2.40	1.20	3.40	4.50
B'	1.10	2.40	1.20	3.40	4.50
C	1.10	2.40	1.20	3.40	4.50
D	2.40	3.40	1.40	3.50	1.50

Tableau II.13

II.2.5. Calcul des déperditions de base

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

II.2.5.1. Déperditions de base totales

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

$$D_B = \sum (D_B)_i \quad [W] \dots\dots\dots (II.32)$$

-(D_B)_i (en W) représente les déperditions de base de chaque volume thermique i.

II.2.5.2. Déperditions de base pour un volume

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

$$(D_B)_i = D_i \times (t_{BI} - t_{BE}) \quad [W] \dots\dots\dots (II.33)$$

- D_i (en W/°C) représente les déperditions totales du volume thermique i ;

- t_{BI} (en °C) est la température intérieure de base du volume considéré,

- t_{BE} (en °C) est la température extérieure de base du lieu d'implantation de la construction.

II.2.5.3. Température intérieure de base

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

Sauf spécifications particulières, on prendra les valeurs suivantes de La température intérieure de base :

- Immeuble d'habitation, maison individuelle24°C
- Pièce principale, pièce de service21°C
- cage d'escalier chauffée, circulation chauffée en continu 18°C
- Bureau chauffé en continu 21°C
- Magasin chauffé en continu 21°C
- Local artisanal chauffé en continu 21°C

- Dans le cas où des locaux ne sont pas chauffés en continu, ils doivent être considérés comme des locaux non chauffés

II.2.5.4. Température extérieure de base

La température extérieure de base est une température telle que les températures minimales quotidiennes ne lui sont inférieures que cinq jours par an.

Par souci d'économie, une installation de chauffage n'est jamais calculée pour assurer le confort optimal pour la température la plus basse de tous les minimas annuels. On utilise donc une température extérieure de référence, dite température extérieure de base.

La température extérieure de base est fonction de l'altitude et de la zone climatique où est implanté le projet.

Le tableau (II.14) ci-dessus fixe les valeurs de la température extérieure de base.

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

Tableau II.14: valeurs de T_{BE}

II.2.6. Déperditions surfaciques par transmission a travers les parois :

II.2.6.1. Parois opaques :

Les déperditions surfaciques par transmission à travers une paroi, pour une différence de température de 1°C entre les ambiances que sépare cette paroi, sont données par la formule :

$$D_s = K * A \quad [W/°C] \quad (II. 34)$$

- K (en W/m².°C) est le coefficient de transmission surfacique (appelé aussi conductance) ;
- A (en m²) est la surface intérieure de la paroi.

II.2.6.2. Coefficient k des parois opaques :

$$K_{\text{moy}} = \frac{\sum K_i A_i}{\sum A_i} \quad [W/m^2.°C] \quad (II.35)$$

- A_i (en m²) est la surface de paroi dont le coefficient de transmission est égal à K_i ;
- $\sum A_i$ (en m²) est la surface intérieure totale de la paroi.

La méthode de calcul consiste à décomposer la paroi en éléments homogènes dont on sait calculer le coefficient K.

II.2.6.3. Expression générale

$$\frac{1}{K} = \sum R + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/W] \quad \dots\dots\dots (II.36)$$

- $\sum R$ (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$) représente la somme des résistances thermiques des différentes couches de matériaux constituant la paroi. La détermination de la résistance thermique d'une couche de matériau dépend de la nature du matériau, c'est à dire s'il est homogène ou non ;
- la somme $\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$ (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$) représente la somme des coefficients d'échange superficiel.

II.2.7. Coefficients k des parois vitrées

Les parois vitrées visées dans ce DTR sont celles dont les menuiseries sont en bois, ou métalliques, de fabrication courante. Pour tout autre type de menuiserie, on pourra se reporter aux Avis Techniques les concernant, ou à défaut se rapprocher du fabricant.

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

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_{VN}} + r_v + r_{rid} + r_{occ} \quad (en \ m^2 \cdot ^\circ C/W) \quad \dots\dots\dots (II.37)$$

- K_{VN} (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) représente le coefficient K du vitrage nu ;
- r_v (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$) représente la résistance supplémentaire des voilages éventuels ;
- on adopte $r_v = 0,025 \ m^2 \cdot ^\circ C/W$;
- r_{rid} (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$) représente la résistance supplémentaire des rideaux éventuels ;

On adopte $r_{rid} = 0,030 \ m^2 \cdot ^\circ C/W$;

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

La résistance des occultations r_{occ} est donnée par la formule suivante :

$$r_{occ} = 0,16 + e_{occ}/\lambda_{occ} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/W] \quad \dots\dots\dots (II.38)$$

- e_{occ} (en m) représente l'épaisseur de l'occultation,
- λ_{occ} (en $W/m \cdot ^\circ C$) représente la conductivité thermique du matériau constituant l'occultation

Les occultations sont les systèmes associés aux vitrages dans le but de constituer une isolation thermique nocturne (volets, stores,).

II.2.8. Déperditions à travers les ponts thermiques

II.2.8.1. Expression générale

Les déperditions à travers une liaison, ou pont thermique, D_{li} , pour une différence de température de 1°C , sont données par la formule :

$$D_{li} = k_l \times L \quad [\text{W}/^{\circ}\text{C}] \quad \dots\dots\dots(\text{II.39})$$

- k_l (en $\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$) représente le coefficient de transmission linéique de la liaison,

- L (en m) représente la longueur intérieure de la liaison.

Les liaisons à la jonction des parois (entre deux parois extérieures, entre une paroi intérieure et une paroi extérieure) et les liaisons entre les murs et les menuiseries, appelées communément ponts thermiques, constituent des sources supplémentaires de déperditions. En outre, ces liaisons, points faibles thermiques, sont souvent à l'origine de désordres dans la construction (dus à la condensation principalement). Le total des déperditions par transmission qu'il est possible d'associer à une paroi d_{paroi} (en $\text{W}/^{\circ}\text{C}$) est obtenu en effectuant la somme des pertes surfaciques à travers cette paroi avec l'ensemble des pertes linéiques, soit :

$$d_{paroi} = \Sigma (K \times A) + \Sigma (K_L \times L) \quad [\text{W}/^{\circ}\text{C}] \quad \dots\dots\dots(\text{II.40})$$

Dans cette formule, K et A sont respectivement le coefficient de transmission surfacique (en $\text{W}/\text{m}^2.^{\circ}\text{C}$) et la surface intérieure (en m^2) de chaque élément de paroi, K_L et L sont respectivement le coefficient de transmission linéique (en $\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$) et la longueur intérieure (en m) de chaque liaison.

Parfois, on exprime aussi le total des déperditions en utilisant la notion de coefficient K global K_g , soit : $d_{paroi} = K_g \times \Sigma A$, avec ΣA qui représente la surface intérieure totale de la paroi (en m^2). K_g s'exprime en $\text{W}/\text{m}^2.^{\circ}\text{C}$. Le coefficient de transmission surfacique global K_g d'une paroi est donc égal à :

$$K_g = \frac{\Sigma KA + \Sigma KL}{\Sigma A} \quad [\text{W}/\text{m}^2.^{\circ}\text{C}] \quad \dots\dots\dots(\text{II.41})$$

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

$$\Sigma (k_l \times L) = 0,20 \Sigma (K \times A) \quad [\text{W}/^{\circ}\text{C}] \quad \dots\dots\dots(\text{II.42})$$

Dans le cas d'un calcul pièce par pièce, les pertes calorifiques par transmission affectées à chaque volume doivent être majorées de 20 %.

II.2.8.2. Détermination des kl

Pour le calcul des coefficients kl linéiques présentés dans ce chapitre, les résistances thermiques des parois figurant au niveau des formules ne comprennent jamais de terme de résistance d'échange superficiel.

✚ Liaison entre un mur et une menuiserie

Les formules ci-après sont valables pour les menuiseries en bois et les menuiseries métalliques courantes. Pour les autres types de menuiserie, on devra se reporter aux Avis Techniques les concernant.

Les formules donnant les coefficients kl pour les cas usuels sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

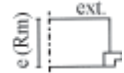
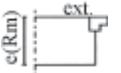
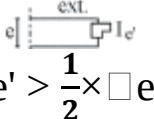
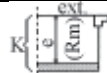
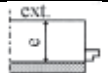
Mur a isolation repartie				
Schéma vu en plan				
Signification	Menuiserie au nu intérieur	Menuiserie en ébrasement	Menuiserie au nu extérieur	Epaisseur de la Menuiserie voisine de l'épaisseur du mur
Valeur de k1 (w/m.°c)	$\frac{0.9 \times e}{1.25 + Rm}$		$\frac{1.4 \times e}{1.25 + Rm}$	0
Murs à isolation intérieure				
Schéma vu en plan				
Signification	Menuiserie au nu extérieur isolation arrête au droit du tableau	Menuiserie à la nue extérieure isolation découvrant le tableau	Menuiserie au nu intérieur ou presque	
Valeur de k1 (w/m.°c)	$\frac{0.6 \times e}{0.06 + Rm}$	$0,6 \times K \times e$	0	

Tableau II.15 : coefficients kl

- e (en m) l'épaisseur du mur à isolation répartie,
- e (en m) l'épaisseur du mur sans l'isolant pour les murs isolés,
- R_m (en $m^2.C/W$) la résistance thermique du mur à isolation répartie au droit de l'encadrement, résistances superficielles non comprises,
- R_m (en $m^2.C/W$) la résistance thermique du mur sans l'isolant pour les murs isolés, résistances superficielles non comprises,
- K (en $W/m^2.°C$) le coefficient K du mur avec son isolation éventuelle.

✚ Liaison entre deux parois extérieures

Les formules donnant les coefficients k_l dans le cas où les deux parois sont du même type sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

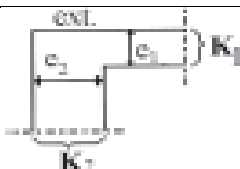
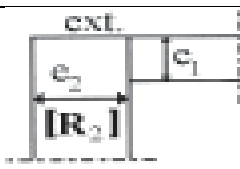
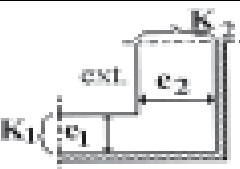
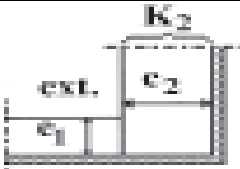
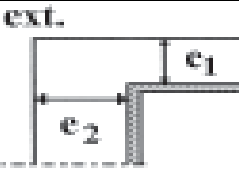
Les deux parois sont à isolation répartie			
Schéma Vue en plan			
Signification	paroi identique ou s'imbriquant	Parois différentes l'une constitue l'angle	L'angle est constitué par un poteau en béton armé ou par un chaînage
Valeurs de k_l ($W/m.°C$)	$0,2 \times K \times e$	$\frac{0,2 \times e}{0,2 + R_2 \times \frac{e_1}{e_2}}$	$0,45 \times e$
Les deux parois sont à isolation intérieure			
Schéma Vue en plan			
Signification	Angle rentrant et parois identiques ou s'imbrique	Angle rentrant et parois différentes sans s'imbriquer	Angle saillant
Valeurs de k_l ($W/m.°C$)	$0,6 \times K \times e$	$0,6 \times K_2 \times e$	0

Tableau II.16 : coefficients k_l

- K (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) la moyenne des coefficients K des deux parois sans l'isolant :

$$K = (K_1 + K_2) / 2,$$

- e (en m) l'épaisseur moyenne des deux parois sans l'isolant : $e = (e_1 + e_2) / 2$,

- R_2 (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$) la résistance thermique de la paroi constituant l'angle,

- e_2 (en m) l'épaisseur de la paroi constituant l'angle,

- e_1 (en m) l'épaisseur de la paroi ne constituant pas l'angle.

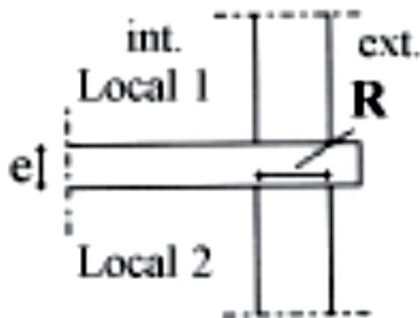
- 0,45 (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) est à associer au coefficient K fictif d'une paroi fictive

- K_2 (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) le coefficient K moyen de la paroi qui fait l'angle sans compter l'isolant.

Liaison entre une paroi extérieure et une paroi intérieure

Si la paroi intérieure est une cloison, c'est à dire si la paroi a moins de 9 cm d'épaisseur et la paroi extérieure est à isolation répartie, ou si la cloison ne coupe pas l'isolation éventuelle du mur extérieur, $k_1 = 0$,

Si la paroi intérieure est un refend ou un plancher, on adopte les conventions suivantes



(a) Liaison mur/plancher



(b) Liaison mur/refend

Figure II.2 : liaison entre les murs et les planchers

Dans le cas où la paroi extérieure est à isolation répartie les formules donnant les coefficients k_1 sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

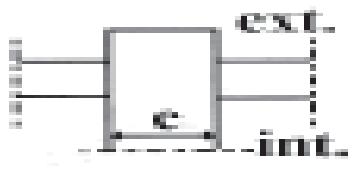
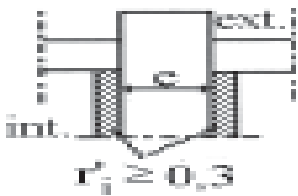
Schéma		
Signification	Paroi extérieure courante. Paroi intérieure non Isolée qu'elle fasse saillie ou non.	Paroi extérieure courante. Paroi intérieure, qu'elle fasse saillie ou non, revêtue sur ses deux faces d'un isolant de résistance thermique $r_i \geq 0,3$ $m^2 \cdot ^\circ C/W$
Valeur de k_1 en ($W/m \cdot ^\circ C$)	$\frac{0.4 \times e}{R + 0.15}$	$\frac{0.4 \times e}{R + 0.25}$

Tableau II.17 : coefficients k_1

II.2.9. Déperditions par transmission a travers les parois en contact avec le sol

On distingue les planchers bas enterrés et les murs enterrés

II.2.9.1. Expression générale

Les déperditions D_{sol} , pour un plancher bas ou un mur enterré, sont données par la formule :

$$D_{sol} = k_s \times p \quad [W/^\circ C] \dots\dots\dots (II.43)$$

- k_s (en $W/m \cdot ^\circ C$) est le coefficient de transmission linéique du plancher bas ou du mur

- p (en m) est la longueur de la paroi

La formule tient compte des déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec le sol, ainsi que des déperditions à travers les ponts thermiques.

Les valeurs des coefficients k_s sont données en fonction de la différence de niveau, notée z .

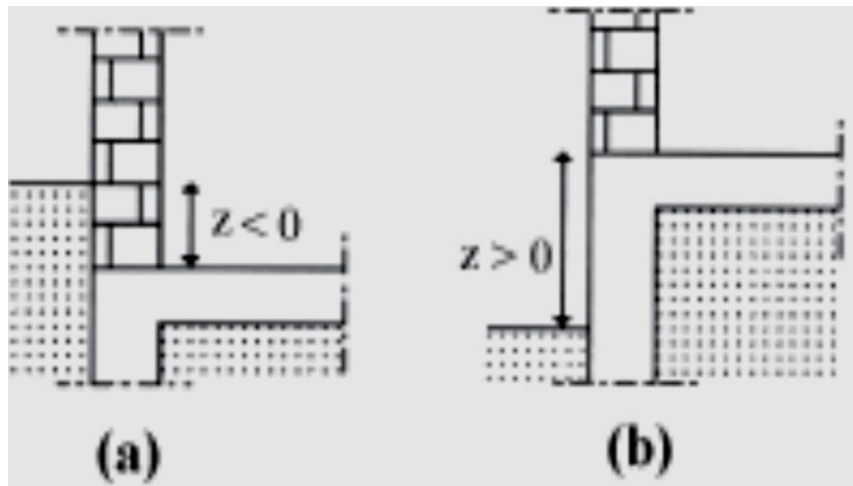


Figure II.3

Pour un plancher bas enterré, la différence de niveau est la différence entre le niveau de la face supérieure du plancher et le niveau du sol. Elle est comptée négativement lorsque le plancher est plus bas que le sol (figure a), et positivement dans le cas contraire (figure b).

II.2.9.2. Valeurs des coefficients k_s

Pour un plancher bas sur terre-plein ou enterré le mode de détermination du coefficient k_s est donné dans le tableau ci-dessus :

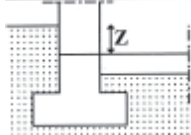
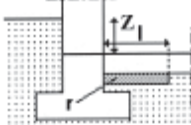
Cas	Schémas	Description	Détermination de k_s
1		Planchers bas sur terre-plein ou enterrés sans isolation spécifique	k_s donné par le tableau 5.2 en fonction de la différence de niveau z
2		Isolation horizontale r au pourtour. Isolation interrompue au droit du plancher.	k_s donné par le tableau 5.3 en fonction de la différence de niveau z , de la largeur l de l'isolation horizontale, et de la résistance thermique r de l'isolation horizontale

Tableau II.18 : coefficient k_s

Les tableaux donnant les valeurs de k_s sont donnés ci-après

z (en m)	de - 0,70 à -0,45	de - 0,40 à -0,25	De-0,20 à 0,20	de 0,25 à 0,40	de 0,45 à 1,00	de 1,05 à 1,50
Ks (enW/m.°C)	1,20	1,40	1,75	2,10	2,35	2,55

Tableau II.19 : coefficient ks

Valeurs de ks (en W/m.°C)								
Z (en m)	Largeur de l'isolation I en (m)	r (en m².°C/W)						
		0,20 à 0,35	0,20 à 0,35	0,60 à 0,75	0,80 à 1,00	1,05 à 1,50	1,55 à 2,00	2,05 à 3,00
de – 0,70 à – 0,45	0,25 à 1,00	1,15	1,10	1,10	1,10	1,05	1,05	1,05
de – 0,40 à – 0,25	0,25 à 0,40 0,45 à 1,00	1,30 1,25	1,25 1,25	1,25 1,20	1,25 1,15	1,20 1,15	1,20 1,10	1,15 1,05
de – 0,20 à + 0,20	0,25 à 0,40 0,45 à 1,00	1,60 1,55	1,55 1,50	1,50 1,45	1,50 1,40	1,45 1,35	1,45 1,30	1,40 1,30
de 0,25 à 0,40	0,25 à 0,30 0,35 à 0,45 0,50 à 0,65	1,90 1,85 1,85	1,85 1,80 1,75	1,80 1,75 1,65	1,75 1,70 1,60	1,70 1,65 1,55	1,70 1,60 1,50	1,65 1,55 1,45

Tableau II.20 : coefficient ks

II.2.10. Déperditions par renouvellement d'air :

Les déperditions par renouvellement d'air doivent être prises en compte seulement lors du dimensionnement des installations de chauffage des locaux d'habitation. Elles ont pour expression

$$D_R = 0.34 * (Q_s + Q_v) \quad [W/°C] \dots\dots\dots (II.44)$$

- 0,34 (en Wh/m³.°C) est la chaleur volumique de l'air;

- Q_v (en m³/h) est le débit spécifique de ventilation ;

- Q_s (en m³/h) est le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent.

0,34 x Q_v (en W/°C) représente les déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation, notées DR_v ; de même, 0,34 x Q_s (en W/°C) représente les déperditions supplémentaires dues au vent, notées DR_s.

Débit spécifique de ventilation :

-Le débit spécifique de ventilation Q_v est calculé par rapport au débit extrait de référence Q_{vref}.
Le débit extrait de référence Q_{vref} est déterminé en considérant que la ventilation est générale et permanente.

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

$$Q_v = \text{Max}[0.6 * V_H; Q_{v\text{ref}}] \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad \dots\dots\dots (\text{II.45})$$

- V_h (en m³) désigne le volume habitable ;
- Q_{vref} (en m³/h) désigne le débit extrait de référence.

10.2. Le débit extrait de référence Q_{VREF} :

Le débit extrait de référence Q_{VREF} est donné par la formule suivante :

$$Q_{V\text{ref}} = \frac{5Q_{V\text{min}} + Q_{V\text{max}}}{6} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad \dots\dots\dots (\text{II.46})$$

- Q_{vmax} (en m³/h) est le débit extrait maximal de référence,
- Q_{vmin} (en m³/h) est le débit extrait minimal de référence.

Nombre des pièces principal	1	2	3	4	5	>5
Q _{Vmin} (en m ³ /h)	25	50	75	100	110	En ajoute 10 m ³ /h par pièces supplémentaire

Tableau II.21 : Les valeurs du débit extrait minimal de référence Q_{VMIN}

Nombre de pièces principales par logement	Q_{Vmax} (en m ³ /h)			
	Cuisine	Salle de bains	Autre salle d'eau	Cabinet d'aisance
1	75	15	15	15
2	90	15	15	15
3	105	30	15	15
4	120	30	15	30
5 et plus	135	30	15	30

Tableau II.22 : Les valeurs des débits extrait maximal de référence Q_{VMAX}

III. Calcul des apports et deperditions thermique

Volume thermique étudié

Le local étudié est un projet à un seul niveau, destiné à usage d'habitation. le local étudié est sans voisinage.

Presentation generale

Le travail consiste à évaluer, en premier lieu, le bilan thermique été du local, le calcul des apports de référence et en fin procéder à la vérification réglementaire.

Conformément au DTR, la vérification réglementaire des locaux à usage d'habitation, de bureaux et d'hébergement, doit s'effectuer selon les étapes suivantes :

- calcul pour l'ensemble du local (supposé conditionner) à 15 h TSV, pour le mois de Juillet:

-des apports par les parois opaques aériennes.

-des apports par les parois vitrées.

-calcul des apports calorifiques de référence.

-vérification de la conformité à la réglementation thermique d'été des locaux.

A titre de rappel, la somme des apports calorifiques par les parois vitrées et les parois opaques doit vérifier au mois de Juillet à 15 h TSV, pour une température sèche intérieure de 24°C, la relation ci-après :

$$APO (15 h) + AV (15 h) + 1,05A_{REF} (15 h) [w]$$

Données relatives au site :

Le projet est un logement d'une superficie de **85 m²**, implanté à TIGZIRT

Les paramètres géographiques sont :

Altitude : 150 m.

Latitude : 36°EST 04° Nord.

Orientation du local : Nord

Les paramètres thermiques de base sont :

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

Zone climatique « A » Alt < 500 m.

Les conditions de base extérieures :

- La température de base extérieure sèche: $T_{sbe} = 34^{\circ}\text{C}$.
- L'écart annuel de température $EAT = 31^{\circ}\text{C}$.
- L'écart diurne = 9°C .
- L'humidité relative extérieure: $H_{re} = 60\%$.
- Humidité spécifique : $g = 20,2 \text{ g/kg}$. (D'après le diagramme psychrométrique).

Les conditions de base intérieures:

- La température intérieure : $T_i = 24^{\circ}\text{C}$.
- L'humidité relative intérieure : $H_{ri} = 45\%$.
- Humidité spécifique : $g = 11 \text{ g/kg}$. (D'après le diagramme psychrométrique).
 - Le calcul consiste à déterminer les paramètres suivants :
 - Apports à travers les parois opaques extérieures (**APO (t)**).
 - Apports à travers les parois vitrées (**AV (t)**).
 - Calcul des charges internes et externes du local.

Coefficient global de transmission « K »

$$1/K = \sum R + 1/h_i + 1/h_e \quad \text{en } \text{w/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

Calcul des résistances thermiques :

- mortier $e = 0,02 \text{ m}$ et $\lambda = 1,4 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$
 $R = e / \lambda = 0,02 / 1,4 = \mathbf{0,014 \text{ m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C/W}}$
- Brique $e = 0,1 \text{ m}$ et $\lambda = 0,65 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$
 $R = e / \lambda = 0,1 / 0,65 = \mathbf{0,15 \text{ m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C/W}}$
- Lamé d'air $e = 0,05 \text{ m}$ $\lambda = 0,26 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$
 $R = e / \lambda = 0,05 / 0,26 = \mathbf{0,19 \text{ m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C/W}}$
- Brique $e = 0,1 \text{ m}$ et $\lambda = 0,65 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$
 $R = e / \lambda = 0,1 / 0,65 = \mathbf{0,15 \text{ m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C/W}}$
- mortier $e = 0,01 \text{ m}$ et $\lambda = 1,4 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$
 $R = e / \lambda = 0,01 / 1,4 = \mathbf{0,007 \text{ m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C/W}}$
- plâtre $e = 0,01 \text{ m}$ $\lambda = 0,35 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

$$R = e / \lambda = 0,01 / 0,35 = \mathbf{0,03 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}}$$

Résistance superficielle :

$$1/h_e + 1/h_i = 0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$$

$$1/K = [(0,014 + 0,15 + 0,19 + 0,15 + 0,007 + 0,03) + 0,14] = \mathbf{0,69 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}} .$$

$$\mathbf{K = 1.45 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} .}$$

Désignation	Composition	e (m)	λ (W/m°C)	P (Kg /m ³)	R (m ² °C/W)	1/h _i +1/h _e (m ² °C/W)	1/K (m ² °C/W)	K (W/m ² °C)
Mur	Mortier	0.02	1.4		0.014	0.14	0.69	1.45
	Brique	0.1	0.65		0.15			
	Lame d'air	0.05	0.26		0.19			
	Brique	0.1	0.65		0.15			
	Mortier	0.01	1.4		0.007			
	Plâtre	0.01	0.35		0.03			
Plancher haut	Béton armé	0.15	1.75		0.086	0.14	0.226	4.65
Plancher bas	Béton armé	0.15	1.75		0.086	0.14	0.226	4.65
Porte	6.8							
Fenêtre	6.8							

Tableau III.1: coefficient de transmission

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

III. Calcul des apports et deperditions thermiques

III.1. Calcul des apports

III.1.1. Chambre I

Piece	mur	APO	AV	Ais	AIL	Ainfs	AifL	As	Ats	Aref	- (APO+AV)
chambre1	sud	86,54	188,69	482,11	146	77,95	67,95	835,29	1197,055	139,39	-135,84
	est	23,88	0	463	146	0	0	486,88	831,224	48,62	24,74
	ouest	66,456	0	520,41	146	0	0	586,866	936,2093	127,4	60,944
	total	176,876	188,69	1465,52	438	77,95	67,95	1909,036	2964,488	315,41	-50,156

Tableau III.2 : recapitulatif des apports thermiques

III.1.1.1. Mur sud :

III.1.1.1.1. Apports à travers les parois opaques :

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times Sint \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta tes(t) + c\Delta te + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta Tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{It,b}{It,b(40)}$$

$$DTe(t) = 13.9 - 0.1 + 0.6[-13.9] \times 0.72$$

$$DTe(t) = 7.8^{\circ}\text{C}$$

$$S_{int} = 6.38 \text{ m}^2.$$

$$K_{été} = 1.45 \text{ W/}^{\circ}\text{m}^2$$

$$Eb = 9^{\circ}\text{C}$$

$$C\Delta te = - 0,1^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta tem (15h) = 0^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta tes (15h) = 13.9^{\circ}\text{C}.$$

$$I_{t,b} = 155.5 \text{ W/m}^2$$

$$I_{t,b} (40) = 217 \text{ W/m}^2$$

D'ou

$$APO (15h) = 1.2 * 1.45 * 6.38 * 7.8$$

$$APO (15h) = 86.54 \text{ W}$$

III.1.1.1.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t)$$

$$AV(t) = 188.69 \text{ w}$$

- Apport due au gradient de température (par transmission) (AVT (t))**

$$AVT(t) = 1,2 * K_{été} * S_{ouv} * [T_{se}(t) - T_{sb,i}]$$

Pour : $K_{été} = 6.8 \text{ W/m}^2$; $S_{ouv} = 1.68 \text{ m}^2$; $T_{se} = 34^\circ\text{C}$; $T_{sb,i} = 24^\circ\text{C}$.

$$AVT(15h) = 6.8 * 1.68 * 1.68 * [34 - 24]$$

$$AVT(15h) = 114.24 \text{ W}$$

- Apport par ensoleillement (AVE (t))**

$$AVE(t) = [S_{vens} * I_t + (S_v - S_{vens}) * I_d] * F_s * N_{pvi}(t)$$

$F_s = 0.45$ $N_{pvi}(15h) = 0.68$ $I_{d,b} = 48,05 \text{ W/m}^2$ $I_d = 51.41$

$I_{t,b} = 155.5 \text{ W/m}^2$, d'où: $I_t = 146.76 \text{ W/m}^2$

Avec:

$C_{cadre} = 1$ $C_{limp} = 0,95$ $C_{alt} = 1,0035$ $C_{ros} = 0.99$

$$AVE(15h) = [1.68 * 146.76 + (0) * 51.41] * 0.45 * 0.68$$

$$AVE(15h) = 75.45 \text{ W}$$

III.1.1.1.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur

$$ARENs(t) = 0,320 * Q_{van} * (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$ARENL(t) = 0,797 * Q_{van} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}); 0]$$

Pour un nombre d'occupants : $N = 4$ personnes,

$$Q_{van \text{ min}} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$ARENs(15h) = 0,320 * (4 * 25) * (34 - 24)$$

$$ARENs(15h) = 320 \text{ w}$$

$$ARENL(t) = 0,797 * 100 * \text{Max} [(14.5 - 11); 0]$$

$$ARENL(t) = 278.95 \text{ w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	ARENS (w)	Hbe-Hbi	ARENL (w)
Logement	4	1.68	100	10	320	3.5	278.95

Tableau III.3: apports de chaleurs par introduction d'air exterieur

III.1.1.1.4. Apports dus aux infiltrations d'air

$$AINFs(t) = 0,320 * Q_{vinf} * (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$AINFL(t) = 0,797 * Q_{vinf} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}) ; 0]$$

$$\text{Avec: } Q_{vinf} = \Sigma (Q_{vo inf} * \text{Souv}) \text{ (m}^3/\text{h)}$$

$$Q_{vo inf} = 14.5 \text{ m}^3/\text{h}, \quad \text{Souv} = 1.68 \text{ m}^2, \quad Q_{vinf} = 24.36 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$AINFs(t) = 0,320 * 24.36 * (34 - 24)$$

$$AINFs(t) = 77.95 \text{ w}$$

$$AINFL(15h) = 0,797 * 24.36 * (14,5 - 11)$$

$$AINFL(t) = 67.95 \text{ W}$$

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	AINFs (w)	Hbe-Hbi	AINFL (w)
Logement	4	1.68	100	10	77.95	3.5	67.95

Tableau III.4: Apports infiltrations d'air

III.1.1.1.5. Apports internes

$$AI(t) = \Sigma_j (C_{sj} * A_{Isj} * NAI_j) + \Sigma_j (C_{sj} * A_{ILj})$$

Chambre I	Asoc	Asm	Ase	Ais	AIL
Mur sud	111.36	285	85.75	482.11	146

Tableau III.5: apports de chaleurs interne

• Apport de chaleur par les occupants

$$A_{soc} = C_{so} * A_{Iso} * NAI_o$$

$$A_{loc} = C_{so} * A_{Lo}$$

$$\text{Avec: } A_{is} = 58 \text{ (W/personne)} \quad A_{IL} = 73 \text{ (W/personne)} \quad C_{so} = 0,5 \quad NAI_o = 0,95$$

$$A_{soc} = 4 * 0,5 * 58 * 0,95$$

$$A_{soc} = 111.36 \text{ W}$$

$$A_{loc} = 4 * 73 * 0,5$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

Aloc = **146W**.

LOCAL	Nbr occupants	Aiso (W/personne)	Cso	NAIo	Asoc (w)	AILoc totale (w)	Aloc (w)	Aoc totale
Logement	4	58	0.5	0.95	111.36	73	146	257.36

Tableau III.6: Apports par les occupants

- Apports dus aux machines et appareillages**

$A_{sm} = C_{sm} * A_{ism} * N_{AIm}$

$A_{lm} = C_{sm} * A_{lIm}$

Machine : Ordinateur ($A_{ism} = 450W/ordinateur$ et $A_{ilm} = 0W/ordinateur$).

Télévision ($A_{ism} = 150W/télévision$ et $A_{ilm} = 0W/ télévision$)

$A_{L} = 146w$

$A_{S} = 285 w$

LOCAL	Type	Nbr	As/app	Cs	Nai	Asm (w)	Alm(w)	Asm T (w)
Logement	Television	1	150	0.5	0.95	71.25	0	285
	Micro-ordinateur	1	450	0.5	0.95	213.8	0	

Tableau III.6: Apports dus aux machines et appareillages

- Apports dus aux éclairages**

$A_{se} = \Sigma (C_{se} * N_{Aie} * W_n * C_{me} * C_{cr})$

Lampes fluorescentes : $W_n = 16 W/m^2$, $Cr = 1$, $C_{me} = 1,25$, $C_s = 0,7$, $N_{Aie} = 0,96$

$A_{se} = 102.08 * 1,25 * 1 * 0,96 * 0,7$

$A_{se} = 124.05 W$

Local	Wn (w)	Cme	Nalj	Ase (w)
Logement	147.68	1.25	0.96	85.75

Tableau III.7 : Apports dus aux Eclairages

III.1.1.1.6. Les apports sensibles

$A_s = A_{PO} + A_V + A_{Is} + A_{INFs}$

$A_s = 835.29 w$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

Local	APO	AV	AI _s	AINF _s	As
Logement	86.54	188.69	482.11	77.95	835.29

Tableau III.8: Apports sensibles

1.1.8. Les apports latents

$$AI = 146 \text{ w}$$

III.1.1.1.7. Les apports effectifs

$$AEs = (C_{Das} \times As) + (BF \times ARENs)$$

$$AEs = (1.05 \times 835.29) + (0.4 \times 320)$$

$$AEs = 1005.06 \text{ w}$$

Local	CPas	As	BF	ARENs	AEs
Logement	1.05	835.29	0.4	320	1005.06

Tableau III.9: Apports effectifs sensibles

$$AEI = (C_{Dal} \times AI) + (BF \times ARENI)$$

$$AEI = (1.05 \times 146) + (0.4 \times 278.95)$$

$$AEI = 264.88 \text{ w}$$

Local	CPas	AI	BF	ARENI	AEI
Logement	1.05	146	0.4	278.95	264.88

Tableau III.10: Apports effectifs latents

III.1.1.1.8. Les apports totaux

$$ATs = (C_{Das} \times As) + ARENs$$

$$ATs = 1197.06 \text{ w}$$

III.1.1.1.9. Vérification réglementaire :

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

$$Aréf = Aréf_{PH} + Aréf_{PV} + Aréf_{PVI} (W)$$

Calcul des apports calorifiques de référence

- $$Aréf_{réf,PV} = \Sigma (c \times Sint \times \Delta Ts_{réf,PV})$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

$$Aréf_{réf,PV} = \Sigma (1.4 \times 6.38 \times 6.84)$$

$$Aréf_{réf,PV} = 61.09 \text{ w}$$

- **Apports de référence des parois vitrées**

$$A_{réf, PVI} = AVE_{réf} + AVT_{réf} \quad \text{w}$$

- $AVE = [SV_{ens} It + (SV - SV_{ens}) Id] FS N PVI_{réf}$

$$AVE (15h) = [1.68 * 146.76 + (0) * 51,41] * 0.15 * 0.68$$

$$AVE (15h) = 25.15 \text{ w}$$

- $AVT = e \times Souv \times \Delta T_{S_{réf, PVI}}$

$$AVT(15h) = 6.8 * 1.68 * 1.68 * [34 - 24]$$

$$AVT(15h) = 114.24 \text{ w}$$

D'où :

$$Aréf = Aréf_{PH} + Aréf_{PV} + Aréf_{PVI}$$

$$Aréf = (25.15 + 114.24)$$

$$Aréf = 139.39 \text{ w}$$

- $1,05 \times Aréf (15 \text{ h}) = 146.36$
- $APO (15h) + AV (15h) = 275.23 \text{ w}$

$$D'ou APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \geq 1,05 \times Aréf (15 \text{ h})$$

Donc l'exigence réglementaire est vérifiée.

III.1.1.2. Mur Est

III.1.1.2.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times Sint \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta tes(t) + c\Delta te + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta Tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{It,b}{It,b(40)}$$

$$DTe(t) = 7.2 - 0.1 + 0.6[-7.2] \times 1$$

$$DTe(t) = 2.78^\circ\text{C}$$

$$S_{int} = 4.94 \text{ m}^2.$$

$$K_{été} = 1.45 \text{ W/}^\circ\text{m}^2$$

$$Eb = 9^\circ\text{C}$$

$$C\Delta te = - 0,1^\circ\text{C}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

$$\Delta t_{em} (15h) = 0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \Delta t_{es} (15h) = 7.2^{\circ}\text{C}. \quad I_{t,b} = 516 \text{ W/m}^2 \quad I_{t,b} (40) = 516 \text{ W/m}^2$$

D'ou

$$APO (15h) = 1.2 * 1.45 * 4.94 * 2.78$$

$$APO (15h) = 23.88 \text{ w}$$

III.1.1.2.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))

$$AV (t) = 0 \text{ w}$$

III.1.1.2.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur :

$$ARENS (t) = 0,320 * Q_{van} * (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$ARENL (t) = 0,797 * Q_{van} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}); 0]$$

$$Q_{van \text{ min}} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$ARENS (15h) = 0,320 * (4*25) * (34 - 24)$$

$$ARENS (15h) = 320 \text{ w}$$

$$ARENL (t) = 0,797 * 100 * \text{Max} [(14.5 - 11); 0]$$

$$ARENL (t) = 278.95 \text{ w}$$

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	ARENS (w)	Hbe-Hbi	ARENL (w)
Logement	4	1.68	100	10	320	3.5	278.95

Tableau III.11: Apports par renouvellement d'air

- Apports dus aux infiltrations d'air***

$$AINFs (t) = 0,320 * Q_{vinf} * (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$AINFL (t) = 0,797 * Q_{vinf} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}) ; 0]$$

$$\text{Souv} = 0 \text{ m}^2.$$

$$Q_{v \text{ inf}} = 0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$AINFs (t) = 0 \text{ w}$$

$$AINFL (t) = 0 \text{ w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvinf (m ³ /h)	Tse-Tsbi	AINFs (w)	Hbe-Hbi	AINFL (w)
Logement	4	0	0	10	0	3.5	0

Tableau III.12: Apports infiltrations d'air

III.1.1.2.4. Apports internes

$$AI(t) = \sum_j (C_{sj} * A_{Isj} * NAIj) + \sum_j (C_{sj} * A_{ILj})$$

Chambre I	Asoc	Asm	Ase	AIs	AIL
Mur sud	111.36	285	66.4	463	146

Tableau III.13: Apports effectifs sensibles

- Apport de chaleur par les occupants**

$$A_{soc} = C_{so} * A_{Iso} * NAIo$$

$$A_{Loc} = C_{so} * A_{ILO}$$

Avec: $A_{Is} = 58$ (W/personne) $A_{IL} = 73$ (W/personne) $C_{so} = 0,5$ $NAIo = 0,95$

$$A_{soc} = 4 * 0,5 * 58 * 0,95$$

$$A_{soc} = 111.36 \text{ w}$$

$$A_{Loc} = 4 * 73 * 0.5$$

$$A_{Loc} = 146 \text{ w.}$$

LOCAL	Nbr occupants	Aiso (W/personne)	Cso	NAIo	Asoc (w)	AILoc totale (w)	Aloc (w)	Aoc totale
Logement	4	58	0.5	0.95	111.36	73	146	257.36

Tableau III.14: Apports par occupants

- Apports dus aux machines et appareillages**

$$A_{sm} = C_{sm} * A_{lsm} * NAI_{lm}$$

$$A_{lm} = C_{sm} * A_{Llm}$$

Machine : Ordinateur ($A_{ism} = 450 \text{ W/ordinateur}$ et $A_{ilm} = 0 \text{ W/ordinateur}$).

Télévision ($A_{ism} = 150 \text{ W/télévision}$ et $A_{ilm} = 0 \text{ W/ télévision}$)

$$A_{Ll} = 0 \text{ w}$$

$$A_{Is} = 285 \text{ w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

LOCAL	Type	Nbr	As/app	Cs	Nai	Asm (w)	Alm(w)	Asm T (w)
Logement	Television	1	150	0.5	0.95	71.25	0	285
	Micro-ordinateur	1	450	0.5	0.95	213.8	0	

Tableau III.15: Apports dus aux machines et appareillages

- Apports dus aux éclairages**

$$A_{se} = \Sigma (C_{se} * N_{Aie} * W_n * C_{me} * C_{cr})$$

Lampes fluorescentes : $W_n = 16 \text{ W/m}^2$, $C_r = 1$, $C_{me} = 1,25$, $C_s = 0,7$, $N_{Aie} = 0,96$

$$A_{se} = 79 * 1,25 * 1 * 0,96 * 0,7$$

$$A_{se} = 66.4 \text{ w}$$

Local	W_n (w)	C_{me}	N_{aj}	A_{se} (w)
Logement	79	1.25	0.96	66.4

Tableau III.16 : Apports dus aux Eclairage

III.1.1.2.5. Les apports sensibles

$$A_s = A_{PO} + A_V + A_{Is} + A_{INFs}$$

$$A_s = 486.88 \text{ w}$$

Local	A_{PO}	A_V	A_{is}	A_{INFs}	A_s
Logement	23,88	0	463	0	486.88

Tableau III.17 : Apports sensibles

III.1.1.2.6. Les apports latents

$$A_l = 146 \text{ w}$$

III.1.1.2.7. Les apports effectifs

$$A_{Es} = (C_{Das} \times A_s) + (BF \times A_{RENs})$$

$$A_{Es} = (1.05 \times 486.88) + (0.4 \times 320)$$

$$A_{Es} = 634.36 \text{ w}$$

Local	C_{Pas}	A_s	BF	A_{RENs}	A_{Es}
Logement	1.05	486.88	0.4	320	634.36

Tableau III.19 : Apports effectifs sensibles

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

$$AEI = (C_{Dal} \times Al) + (BF \times ARENI)$$

$$AE_L = (1.05 \times 146) + (0.4 \times 278.95)$$

$$AEI = 264.88 \text{ w}$$

Local	CPas	Al	BF	ARENI	AEI
Logement	1.05	146	0.4	278.95	264.88

Tableau III.19 : Apports effectifs latents

III.1.1.2.8. Les apports totaux

$$ATs = (C_{Das} \times As) + ARENs$$

$$ATs = 831.23 \text{ w}$$

a. III.1.1.2.9. Vérification réglementaire

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

Avec :

$$Aréf = Aréf_{PH} + Aréf_{PV} + Aréf_{PVI} (W)$$

Calcul des apports calorifiques de référence :

$$Aréf_{réf,PV} = \Sigma (c \times Sint \times \Delta TS_{réf,PV})$$

$$Aréf_{réf,PV} = \Sigma (1.4 \times 4.94 \times 7.03)$$

$$Aréf_{réf,PV} = 48.62 \text{ w}$$

$$\bullet \quad A_{réf, PVI} = AVE_{réf} + AVT_{réf} \quad [W]$$

$$A_{réf, PVI} = 0 \text{ w}$$

D'où :

$$Aréf = Aréf_{PH} + Aréf_{PV} + Aréf_{PVI}$$

$$Aréf = 48.62 \text{ w}$$

$$1,05 \times Aréf (15 \text{ h}) = 51.1 \text{ w}$$

$$\bullet \quad APO (15h) + AV (15h) = 23.88 \text{ w}$$

$$D'où \quad APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times Aréf (15 \text{ h})$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

Donc l'exigence réglementaire est vérifiée,

III.1.1.3. Mur ouest :

III.1.1.3.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times Sint \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta tes(t) + c\Delta te + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta Tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{It,b}{It,b(40)}$$

$$DTe(t) = 10.6 - 0.1 + 0.6[-10.6] \times 1$$

$$DTe(t) = 4.14^{\circ}\text{C}$$

$$S_{int} = 9.23 \text{ m}^2.$$

$$K_{été} = 1.45 \text{ W/}^{\circ}\text{m}^2$$

$$E_b = 9^{\circ}\text{C}$$

$$C\Delta te = - 0,1^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta tem (15h) = 0^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta tes (15h) = 10.6^{\circ}\text{C}.$$

$$I_{t,b} = 516 \text{ W/m}^2$$

$$I_{t,b} (40) = 516 \text{ W/m}^2$$

D'ou

$$APO (15h) = 1.2 * 1.45 * 9.23 * 4.14$$

$$APO (15h) = 66.47 \text{ w}$$

$$APO (sol) = 0 \text{ w}$$

III.1.1.3.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))

$$AV (t) = 0 \text{ w}$$

III.1.1.3.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur

$$ARENS (t) = 0,320 * Q_{van} * (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$ARENL (t) = 0,797 * Q_{van} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}); 0]$$

$$Q_{van \text{ min}} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$ARENS (15h) = 0,320 * (4*25) * (34 - 24)$$

$$ARENS (15h) = 320 \text{ w}$$

$$ARENL (t) = 0,797 * 100 * \text{Max} [(14.5 - 11); 0]$$

$$ARENL (t) = 278.95 \text{ w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	ARENS (w)	Hbe-Hbi	ARENL (w)
Logement	4	9.23	100	10	320	3.5	278.95

Tableau III.20 : Apports par introduction d'air exterieure

- Apports dus aux infiltrations d'air**

$$AINFs(t) = 0,320 * Q_{vinf} * (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$AINFL(t) = 0,797 * Q_{vinf} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}) ; 0]$$

$$\text{Souv} = 0 \text{ m}^2.$$

$$Q_{vinf} = 0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$AINFs(t) = 0 \text{ w}$$

$$AINFL(t) = 0 \text{ W}$$

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	AINFs (w)	Hbe-Hbi	AINFL (w)
Logement	4	0	100	10	0	3.5	0

Tableau III.21 : Apports par infiltration

III.1.1.3.4. Apports internes

$$AI(t) = \sum_j (C_{sj} * A_{Isj} * NAI_j) + \sum_j (C_{sj} * A_{ILj})$$

Chambre I	Asoc	Asm	Ase	AIs	AIL
Mur sud	111.36	285	124.05	520.41	146

Tableau III.21 : Apports interne

- Apport de chaleur par les occupants**

$$A_{soc} = C_{so} * A_{Iso} * NAI_o$$

$$A_{loc} = C_{so} * A_{ILO}$$

$$\text{Avec: } A_{Is} = 58 \text{ (W/personne)} \quad A_{IL} = 73 \text{ (W/personne)} \quad C_{so} = 0,5 \quad NAI_o = 0,95$$

$$A_{soc} = 4 * 0,5 * 58 * 0,95$$

$$A_{soc} = 111.36 \text{ w}$$

$$A_{loc} = 4 * 73 * 0,5$$

$$A_{loc} = 146 \text{ w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

LOCAL	Nbr occupants	Aiso (W/personne)	Cso	NAIo	Asoc (w)	AILoc totale (w)	Aloc (w)	Aoc totale
Logement	4	58	0.5	0.95	111.36	73	146	257.36

Tableau III22 : Apports par occupants

- Apports dus aux machines et appareillages**

$$A_{sm} = C_{sm} * A_{ism} * N_{AIsm}$$

$$A_{lm} = C_{sm} * A_{lsm}$$

Machine : Ordinateur ($A_{ism} = 450W/\text{ordinateur}$ et $A_{ilm} = 0W/\text{ordinateur}$).

: Télévision ($A_{ism} = 150W/\text{télévision}$ et $A_{ilm} = 0W/\text{télévision}$)

$$A_{Ll} = 0w$$

$$A_{ls} = 285 w$$

LOCAL	Type	Nbr	As/app	Cs	Nai	Asm (w)	Alm(w)	Asm T (w)
Logement	Television	1	150	0.5	0.95	71.25	0	285
	Micro-ordinateur	1	450	0.5	0.95	213.8	0	

Tableau III.23 : Apports dus aux machines et appareillages

- Apports dus aux éclairages**

$$A_{se} = \Sigma (C_{se} * N_{Aie} * W_n * C_{me} * C_{cr})$$

Lampes fluorescentes : $W_n = 16 W/m^2$, $Cr = 1$, $C_{me} = 1,25$, $C_s = 0,7$, $N_{Aie} = 0,96$

$$A_{se} = 147.68 * 1,25 * 1 * 0,96 * 0,7$$

$$A_{se} = 124.05 W$$

Local	Wn (w)	Cme	Nalj	Ase (w)
Logement	147.68	1.25	0.96	124.05

Tableau III.24 : Apports dus aux Eclairage

III.1.1.3.5. Les apports sensibles

$$A_s = A_{PO} + A_V + A_{Is} + A_{INFs}$$

$$A_s = 587 w$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

Local	APO	AV	AI _s	AINF _s	As
Logement	66.49	0	520.41	0	587

Tableau III.25 : Apports sensibles

III.1.1.3.6. Les apports latents

$$AI = 146 \text{ w}$$

III.1.1.3.6. Les apports effectifs

$$AEs = (C_{Das} \times As) + (BF \times ARENs)$$

$$AEs = (1.05 \times 587) + (0.4 \times 320)$$

$$AEs = 744.2 \text{ w}$$

Local	CPas	As	BF	ARENs	AEs
Logement	1.05	587	0.4	320	744.2

Tableau III.26 : Apports effectifs sensibles

$$AEI = (C_{Dal} \times AI) + (BF \times ARENI)$$

$$AE_L = (1.05 \times 146) + (0.4 \times 278.95)$$

$$AEI = 264.88 \text{ w}$$

Local	CPas	AI	BF	ARENI	AEI
Logement	1.05	146	0.4	278.95	264.88

Tableau III.27 : Apports effectifs latents

III.1.1.3.7. Les apports totaux

$$ATs = (C_{Das} \times As) + ARENs$$

$$ATs = 936.21 \text{ w}$$

III.1.1.3.8. Vérification réglementaire

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

Avec :

$$Aréf = Aréf_{PH} + Aréf_{PV} + Aréf_{PVI} (W)$$

Calcul des apports calorifiques de référence :

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

- $Aréf_{réf,PV} = \Sigma (c \times Sint \times \Delta TS_{réf,PV})$

$$Aréf_{réf,PV} = \Sigma (1.4 \times 9.23 \times 9.86)$$

$$Aréf_{réf,PV} = 127.4 \text{ w}$$

- $A_{réf, PVI} = AVE_{réf} + AVT_{réf} \quad [W]$

$$A_{réf, PVI} = 0 \text{ W}$$

D'où :

- $Aréf = Aréf_{PH} + Aréf_{PV} + Aréf_{PVI}$

$$Aréf = 127.4 \text{ w}$$

- $1,05 \times Aréf (15 \text{ h}) = 1,05 * 294.45$

$$1,05 \times Aréf (15 \text{ h}) = 133.77 \text{ w}$$

- $APO (15h) + AV (15h) = 66.49 \text{ w}$

$$D'ou APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \geq 1,05 \times Aréf (15 \text{ h})$$

Donc l'exigence réglementaire est vérifiée

III.1.2. Chambre II

piece	Mur	APO	AV	Ais	AIL	Ainfs	AifL	As	Ats	Aref	Aref - (APO+AV)
chambre2	Est	57,824	0	462,75	146	0	0	520,574	866,6027	117,71	59,886
	Nord	27,29357	169,97	476,9	146	77,95	67,95	752,1136	1109,719	218,68	21,41643
	total	85,11757	169,97	939,65	292	77,95	67,95	1272,688	1976,322	336,39	81,30243

Tableau III.28 : recapitulatif des apports thermiques de la chambre II

III.1.2.1. Mur est

III.1.2.1.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times Kété \times Sint \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta tes(t) + c\Delta te + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta Tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{It,b}{It,b(40)}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

$$DT_{e(t)} = 7.2 - 0.1 + 0.6[-7.2] \times 1$$

$$DT_{e(t)} = 2.78^\circ\text{C}$$

$$S_{\text{int}} = 11.96 \text{ m}^2.$$

$$K_{\text{été}} = 1.45 \text{ W/}^\circ\text{m}^2$$

$$E_b = 9^\circ\text{C}$$

$$C\Delta t_e = -0.1^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{em}} (15\text{h}) = 0^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{es}} (15\text{h}) = 7.2^\circ\text{C}.$$

$$I_{t,b} = 516 \text{ W/m}^2$$

$$I_{t,b} (40) = 516 \text{ W/m}^2$$

D'ou

$$APO (15\text{h}) = 1.2 * 1.45 * 4.94 * 2.78$$

$$APO (15\text{h}) = 57.82 \text{ W}$$

III.1.2.1.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))

$$AV (t) = 0 \text{ w}$$

III.1.2.1.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur

$$AREN_s (t) = 0.320 * Q_{\text{van}} * (T_{\text{se}}(t) - T_{\text{sb},i})$$

$$AREN_L (t) = 0.797 * Q_{\text{van}} * \text{Max} [(H_{\text{sb},e} - H_{\text{sb},i}); 0]$$

Pour un nombre d'occupants : N= 4 personnes,

$$Q_{\text{van min}} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$AREN_s (15\text{h}) = 0.320 * (4*25) * (34 - 24)$$

$$AREN_s (15\text{h}) = 320 \text{ w}$$

$$AREN_L (t) = 0.797 * 100 * \text{Max} [(14.5 - 11); 0]$$

$$AREN_L (t) = 278.95 \text{ w}$$

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	AREN _s (w)	Hbe-Hbi	AREN _L (w)
Logement	4	1.68	100	10	320	3.5	278.95

Tableau III.29 : Apports renouvellement d'air

• Apports dus aux infiltrations d'air

$$AINF_s (t) = 0.320 * Q_{\text{vinf}} * (T_{\text{se}}(t) - T_{\text{sb},i})$$

$$AINF_L (t) = 0.797 * Q_{\text{vinf}} * \text{Max} [(H_{\text{sb},e} - H_{\text{sb},i}) ; 0]$$

$$S_{\text{ouv}} = 0 \text{ m}^2.$$

$$Q_{\text{v inf}} = 0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$AINF_s (t) = 0 \text{ w}$$

$$AINF_L (t) = 0 \text{ w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvinf (m ³ /h)	Tse-Tsbi	AINFs (w)	Hbe-Hbi	AINFL (w)
Logement	4	0	0	10	0	3.5	0

Tableau III.30: Apports infiltrations d'air

III.1.2.1.4. Apports internes

$$AI(t) = \sum_j (C_{sj} * A_{Isj} * NAIj) + \sum_j (C_{sj} * A_{ILj})$$

Chambre II	Asoc	Asm	Ase	AIs	AIL
Mur est	111.36	285	66.39	462.75	146

Tableau III.31: Apports interne

- Apport de chaleur par les occupants**

$$A_{soc} = C_{so} * A_{Iso} * NAIo$$

$$A_{loc} = C_{so} * A_{ILO}$$

$$\text{Avec: } A_{is} = 58 \text{ (W/personne)} \quad A_{IL} = 73 \text{ (W/personne)} \quad C_{so} = 0,5 \quad NAIo = 0,95$$

$$A_{soc} = 4 * 0.5 * 58 * 0.95$$

$$A_{soc} = 111.36 \text{ W}$$

$$A_{loc} = 4 * 73 * 0.5$$

$$A_{loc} = 146 \text{ W.}$$

LOCAL	Nbr occupants	Aiso (W/personne)	Cso	NAIo	Asoc (w)	AILoc totale (w)	Aloc (w)	Aoc totale
Logement	4	58	0.5	0.95	111.36	73	146	257.36

Tableau III.32: Apports par occupants

- Apports dus aux machines et appareillages**

$$A_{sm} = C_{sm} * A_{ism} * NAI_{im}$$

$$A_{lm} = C_{sm} * A_{Llm}$$

Machine : Ordinateur ($A_{ism} = 450 \text{ W/ordinateur}$ et $A_{ilm} = 0 \text{ W/ordinateur}$).

Télévision ($A_{ism} = 150 \text{ W/télévision}$ et $A_{ilm} = 0 \text{ W/ télévision}$)

$$A_{Ll} = 0 \text{ w}$$

$$A_{Is} = 285 \text{ w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

LOCAL	Type	Nbr	As/app	Cs	Nai	Asm (w)	Alm(w)	Asm T (w)
Logement	Television	1	150	0.5	0.95	71.25	0	285
	Micro-ordinateur	1	450	0.5	0.95	213.8	0	

Tableau III.33: Apports dus aux machines et appareillages

- Apports dus aux éclairages**

$$A_{se} = \Sigma (C_{se} * N_{Aie} * W_n * C_{me} * C_{cr})$$

Lampes fluorescentes : $W_n = 16 \text{ W/m}^2$, $C_r = 1$, $C_{me} = 1,25$, $C_s = 0,7$, $N_{Aie} = 0,96$

$$A_{se} = 79.04 * 1,25 * 1 * 0,96 * 0,7$$

$$A_{se} = 66.39 \text{ w}$$

Local	Wn (w)	Cme	Nalj	Ase (w)
Logement	66.39	1.25	0.96	66.39

Tableau III.34 : Apports dus aux Eclairage

III.1.2.1.5. Les apports sensibles

$$A_s = A_{PO} + A_V + A_{Is} + A_{INFs}$$

$$A_s = 520.6 \text{ w}$$

Local	APO	AV	AIs	AINFs	As
Logement	57.82	0	462.75	0	520.6

Tableau III.34 : Apports sensibles

III.1.2.1.6. Les apports latents

$$A_l = 146 \text{ w}$$

III.1.2.1.7. Les apports effectifs

$$A_{Es} = (C_{Das} \times A_s) + (BF \times A_{RENs})$$

$$A_{Es} = (1.05 \times 520.6) + (0,4 \times 320)$$

$$A_{Es} = 674.63 \text{ w}$$

Local	CPas	As	BF	ARENs	AEs
Logement	1.05	502.6	0.4	320	735.17

Tableau III.35 : Apports effectifs sensibles

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

$$AEI = (C_{Dal} \times AI) + (BF \times ARENI)$$

$$AE_L = (1,05 \times 146) + (0,4 \times 278.95)$$

$$AEI = 264.88 \text{ w}$$

Local	CPas	AI	BF	ARENI	AEI
Logement	1.05	146	0.4	278.95	264.88

Tableau III.36 : Apports effectifs latents

III.1.2.1..8. Les apports totaux

$$ATs = (C_{Das} \times As) + ARENs$$

$$ATs = 866.63 \text{ w}$$

III.1.2.1.9. Vérification réglementaire

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

Avec :

$$Aréf = Aréf_{PH} + Aréf_{PV} + Aréf_{PVI} (W)$$

- $Aréf_{réf,PV} = \Sigma (c \times Sint \times \Delta TS_{réf,PV})$

$$Aréf_{réf,PV} = \Sigma (1.4 \times 11.96 \times 7.03)$$

$$Aréf_{réf,PV} = 117.71 \text{ w}$$

$$Aréf_{PVI} = 0 \text{ w}$$

D'où :

- $Aréf = Aréf_{PH} + Aréf_{PV} + Aréf_{PVI}$

$$Aréf = 117.71 \text{ w}$$

$$1,05 \times Aréf (15 \text{ h}) = 123.6 \text{ w}$$

- $APO (15h) + AV (15h) = 57.82 \text{ w}$

$$D'où \quad APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times Aréf (15 \text{ h})$$

Donc l'exigence réglementaire est vérifiée,

III.1.2.2. Mur nord**III.1.2.2.1. Apports à travers les parois opaques**

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times Sint \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta tes(t) + c\Delta te + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta Tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{It,b}{It,b(40)}$$

$$DTe(t) = 0 - 0,1 + 0,6[4,4] \times 1,03$$

$$DTe(t) = 2,62^{\circ}\text{C}$$

$$S_{int} = 5,99 \text{ m}^2 \quad K_{été} = 1,45 \text{ W/}^{\circ}\text{m}^2 \quad E_b = 9^{\circ}\text{C C} \quad \Delta te = -0,1^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta tem(15h) = 4,4^{\circ}\text{C} \quad \Delta tes(15h) = 0^{\circ}\text{C.} \quad I_{t,b} = 48,5 \text{ W/m}^2 \quad I_{t,b}(40) = 47 \text{ W/m}^2$$

D'ou

$$APO(15h) = 1,2 * 1,45 * 5,99 * 2,62$$

$$APO(15h) = 27,29 \text{ W}$$

III.1.2.2.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t)$$

$$AV(t) = 169,97 \text{ w}$$

III.1.2.2.3. Apport due au gradient de température (par transmission) (AVT (t))

$$AVT(t) = 1,2 * K_{été} * S_{ouv} * [T_{se}(t) - T_{sb,i}]$$

$$\text{Pour : } K_{été} = 6,8 \text{ W/m}^2; \quad S_{ouv} = 1,68 \text{ m}^2; \quad T_{se} = 34^{\circ}\text{C}; \quad T_{sbi} = 24^{\circ}\text{C.}$$

$$AVT(15h) = 1,2 * 6,8 * 1,68 * [34 - 24]$$

$$AVT(15h) = 137,1 \text{ W}$$

Apport par ensoleillement (AVE (t))

$$AVE(t) = [S_{vens} * I_t + (S_v - S_{vens}) * I_d] * F_s * N_{pvi}(t)$$

$$F_s = 0,45 \quad N_{pvi}(15h) = 0,95 \quad I_{t,b} = 48,5 \text{ W/m}^2,$$

$$I_t = 45,77 \text{ W/m}^2 \quad I_{d,b} = 48,05 \text{ W/m}^2 \quad I_d = 51,41$$

$$C_{cadre} = 1 \quad C_{limp} = 0,95 \quad C_{alt} = 1,0035 \quad C_{ros} = 0,99$$

$$AVE(15h) = [1,68 * 45,77 + (0) * 51,41] * 0,45 * 0,95$$

$$AVE(15h) = 32,87 \text{ W}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

III.1.2.2.4. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur

$$ARENs(t) = 0,320 * Q_{van} * (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$ARENL(t) = 0,797 * Q_{van} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}); 0]$$

Pour un nombre d'occupants : N= 4 personnes,

$$Q_{van \text{ min}} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$ARENs(15h) = 0,320 * (4*25) * (34 - 24)$$

$$ARENs(15h) = 320 \text{ w}$$

$$ARENL(t) = 0,797 * 100 * \text{Max} [(14.5 - 11); 0]$$

$$ARENL(t) = 278.95 \text{ w}$$

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	ARENs (w)	Hbe-Hbi	ARENL (w)
Logement	4	5.99	100	10	320	3.5	278.95

Tableau III.37 : Apports renouvellement d'air

Apports dus aux infiltrations d'air

$$AINFs(t) = 0,320 * Q_{vinf} * (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$AINFL(t) = 0,797 * Q_{vinf} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}) ; 0]$$

$$\text{Souv} = 1.68 \text{ m}^2.$$

$$Q_{v \text{ inf}} = 24.36 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$AINFs(t) = 77.95 \text{ w}$$

$$AINFL(t) = 67.95 \text{ w}$$

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	AINFs (w)	Hbe-Hbi	AINFL (w)
Logement	4	0	100	10	77.95	3.5	67.95

Tableau III.38: Apports infiltrations d'air

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

III.1.2.2.5. Apports internes

$$AI(t) = \sum_j (C_{sj} * A_{Isj} * N_{AIj}) + \sum_j (C_{sj} * A_{ILj})$$

Chambre II	Asoc	Asm	Ase	AI _s	AI _L
Mur nord	111.36	285	80.51	476.9	146

Tableau III.39: Apports interne

Apport de chaleur par les occupants

$$A_{soc} = C_{so} * A_{Iso} * N_{AIo}$$

$$A_{Loc} = C_{so} * A_{ILO}$$

Avec: A_{is}= 58 (W/personne) A_{IL}= 73 (W/personne) C_{so}= 0,5 N_{AIo}= 0,95

$$A_{soc} = 4 * 0.5 * 58 * 0.95$$

$$A_{soc} = 111.36 \text{ w}$$

$$A_{loc} = 4 * 73 * 0.5$$

$$A_{loc} = 146 \text{ w}$$

LOCAL	Nbr occupants	Aiso (W/personne)	Cso	NAIo	Asoc (w)	AILoc totale (w)	Aloc (w)	Aoc totale
Logement	4	58	0.5	0.95	111.36	73	146	257.36

Tableau III.40 : Apports par occupants

Apports dus aux machines et appareillages

$$A_{sm} = C_{sm} * A_{ism} * N_{AIsm}$$

$$A_{lm} = C_{sm} * A_{lism}$$

Machine : Ordinateur (A_{ism} = 450W/ordinateur et A_{lism} = 0W/ordinateur).

Télévision (A_{ism} = 150W/télévision et A_{lism} = 0W/ télévision)

$$A_{IL} = 146 \text{ w}$$

$$A_{Is} = 285 \text{ w}$$

LOCAL	Type	Nbr	As/app	Cs	Nai	Asm (w)	Alm(w)	Asm T (w)
Logement	Television	1	150	0.5	0.95	71.25	0	285
	Micro-ordinateur	1	450	0.5	0.95	213.8	0	

Tableau III.41: Apports dus aux machines et appareillages

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

Apports dus aux éclairages

$$A_{se} = \Sigma (C_{se} * N_{Aie} * W_n * C_{me} * C_{cr}) \text{ (Partie III, § XII.1.3)}$$

Lampes fluorescentes : $W_n = 16 \text{ W/m}^2$, $C_r = 1$, $C_{me} = 1,25$, $C_s = 0,7$, $N_{Aie} = 0,96$

$$A_{se} = 95.84 * 1,25 * 1 * 0,96 * 0,7$$

$$A_{se} = 80.51 \text{ W}$$

Local	W_n (w)	C_{me}	N_{aj}	A_{se} (w)
Logement	95.84	1.25	0.96	80.51

Tableau III.42: Apports dus aux Eclairage

III.1.2.2.6. Les apports sensibles

$$A_s = A_{PO} + A_V + A_{Is} + A_{INFs}$$

$$A_s = 752.11 \text{ w}$$

Local	APO	AV	AIs	AINFs	As
Logement	27.29	169.97	476.9	77.95	752.11

Tableau III.42: Apports sensibles

III.1.2.2.7. Les apports latents

$$A_l = 146 \text{ w}$$

III.1.2.2.7. Les apports effectifs

$$A_{Es} = (C_{Das} \times A_s) + (BF \times A_{RENs})$$

$$A_{Es} = (1,05 \times 752.11) + (0,4 \times 320)$$

$$A_{Es} = 917.72 \text{ w}$$

Local	CP_{as}	A_s	BF	A_{RENs}	A_{Es}
Logement	1.05	752.11	0.4	320	917.72

Tableau III.43: Apports effectifs sensibles

$$A_{El} = (C_{Dal} \times A_l) + (BF \times A_{RENI})$$

$$A_{El} = (1,05 \times 146) + (0,4 \times 278.95)$$

$$A_{El} = 264.88 \text{ w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

Local	CPas	Al	BF	ARENI	AEI
Logement	1.05	146	0.4	278.95	264.88

Tableau III.44: Apports effectifs latents

III.1.2.2.8. Les apports totaux

$$ATs = (C_{Das} \times As) + ARENs$$

$$ATs = 1109.72 \text{ w}$$

III.1.2.2.9. Vérification réglementaire

- $APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times Aréf (15 \text{ h}) (w)$

Avec :

$$Aréf = Aréf,PH + Aréf,PV + Aréf,PVI (W)$$

- $Aréf_{réf,PV} = \Sigma (c \times Sint \times \Delta TS_{réf,PV})$

$$Aréf_{réf,PV} = \Sigma (1.4 \times 5.99 \times 5.81)$$

$$Aréf_{réf,PV} = 48.72 \text{ w}$$

- $A_{réf, PVI} = AVE_{réf} + AVT_{réf} \quad [w]$

$$AVE = [SVens It + (SV - SVens) Id]FS N PVI_{réf}$$

$$AVE (15h) = [1.68 * 45.77 + (0) * 51,41] * 0.15 * 0.68$$

$$AVE (15h) = \mathbf{32.87 \text{ w}}$$

- $AVT = e \times Souv \times \Delta TS_{réf, PVI}$

$$AVT(15h) = 6.8 * 1.2 * 1.68 * [34 - 24]$$

$$AVT(15h) = 137.09 \text{ w}$$

- $Aréf = Aréf, PH + Aréf, PV + Aréf, PVI$

$$Aréf = 48.72 + (32.87 + 137.09)$$

$$Aréf = 218.68 \text{ W}$$

- $1,05 \times Aréf (15 \text{ h}) = 229.6 \text{ w}$
- $APO (15h) + AV (15h) = 193.28 \text{ w}$

$$D'ou APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times Aréf (15 \text{ h})$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

Donc l'exigence réglementaire est vérifiée

III.1.3. Cuisine :

piece	Mur	APO	AV	Ais	AIL	Ainfs	AifL	As	Ats	Aref	- (APO+AV)
cuisine	Nord	17,90713	233,68	2372,91	451	107,18	93,43	2731,677	3188,261	235,52	-16,0671

Tableau III.45 : recapitulatif des apports thermiques (cuisine)

III.1.3.1. Mur nord

III.1.3.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times Sint \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta tes(t) + c\Delta te + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta Tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{It,b}{It,b(40)}$$

$$DTe(t) = 0 - 0,1 + 0,6[4,4] \times 1,03$$

$$DTe(t) = 2,62^{\circ}\text{C}$$

$$Sint = 3,93 \text{ m}^2 \quad K_{été} = 1,45 \text{ W/}^{\circ}\text{m}^2 \quad Eb = 9^{\circ}\text{C} \quad C\Delta te = -0,1^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta tem(15h) = 4,4^{\circ}\text{C} \quad \Delta tes(15h) = 0^{\circ}\text{C}. \quad It,b = 48,5 \text{ W/m}^2 \quad It,b(40) = 47 \text{ W/m}^2$$

$$APO(15h) = 1,2 * 1,45 * 3,93 * 2,62$$

$$APO(15h) = 17,91 \text{ w}$$

III.1.3.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t)$$

$$AV(t) = 233,68 \text{ w}$$

• Apport due au gradient de température (par transmission) (AVT (t))

$$AVT(t) = 1,2 * K_{été} * S_{ouv} * [T_{se}(t) - T_{sb,i}]$$

$$\text{Pour : } K_{été} = 6,8 \text{ W/m}^2; \quad S_{ouv} = 2,31 \text{ m}^2; \quad T_{se} = 34^{\circ}\text{C}; \quad T_{sbi} = 24^{\circ}\text{C}.$$

$$AVT(15h) = 1,2 * 6,8 * 2,31 * [34 - 24]$$

$$AVT(15h) = 188,49 \text{ W}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

- **Apport par ensoleillement (AVE (t))**

$$AVE(t) = [S_{vens} * I_t + (S_v - S_{vens}) * I_d] * F_s * N_{pvi}(t)$$

$$F_s = 0.45 \quad N \quad p_{vi}(15h) = 0.95 \quad S_{ouv} = 2.31 \text{ m}^2$$

$$I_{t,b} = 48.5 \text{ W/m}^2 \quad I_t = 45.77 \text{ W/m}^2 \quad I_d = 51.41$$

Avec:

$$C_{cadre} = 1 \quad C_{limp} = 0.95 \quad C_{alt} = 1.0035 \quad C_{ros} = 0.99$$

$$AVE(15h) = [2.31 * 45.77 + (0) * 51.41] * 0.45 * 0.95$$

$$AVE(15h) = 45.19 \text{ W}$$

III.1.3.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur

$$ARENS(t) = 0.320 * Q_{van} * (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$ARENL(t) = 0.797 * Q_{van} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}); 0]$$

Pour un nombre d'occupants : N= 4 personnes,

$$Q_{van \text{ min}} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$ARENS(15h) = 0.320 * (4 * 25) * (34 - 24)$$

$$ARENS(15h) = 320 \text{ w}$$

$$ARENL(t) = 0.797 * 100 * \text{Max} [(14.5 - 11); 0]$$

$$ARENL(t) = 278.95 \text{ w}$$

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	ARENS (w)	Hbe-Hbi	ARENL (w)
Logement	4	3.93	100	10	320	3.5	278.95

Tableau III.46: Apports par renouvellement

- **Apports dus aux infiltrations d'air**

$$AINFs(t) = 0.320 * Q_{vinf} * (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$AINFL(t) = 0.797 * Q_{vinf} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}); 0]$$

$$S_{ouv} = 2.31 \text{ m}^2.$$

$$Q_{v \text{ inf}} = 33.49 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$AINFs(t) = 107.18 \text{ w}$$

$$AINFL(t) = 93.43 \text{ W}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	AINFs (w)	Hbe-Hbi	AINFL (w)
Logement	4	2.31	100	10	77.95	3.5	93.43

Tableau III.47: Apports infiltrations d'air

III.1.3.4. Apports internes

$$AI(t) = \sum_j (C_{sj} * A_{Isj} * NAI_j) + \sum_j (C_{sj} * AI_{Lj})$$

Cuisine	Asoc	Asm	Ase	AI _s	AI _L
Mur nord	111.36	2137.5	52.82	2372.91	451

Tableau III.48: Apports interne

- Apport de chaleur par les occupants**

$$A_{soc} = C_{so} * A_{iso} * NAI_o$$

$$A_{loc} = C_{so} * AI_{Lo}$$

$$\text{Avec: } A_{is} = 58 \text{ (W/personne)}$$

$$AI_L = 73 \text{ (W/personne)}$$

$$C_{so} = 0.5$$

$$NAI_o = 0.95$$

$$A_{soc} = 4 * 0.5 * 58 * 0.95$$

$$A_{soc} = 111.36 \text{ w}$$

$$A_{loc} = 4 * 73 * 0.5$$

$$A_{loc} = 146 \text{ w}$$

LOCAL	Nbr occupants	Aiso (W/personne)	Cso	NAIo	Asoc (w)	AI _{Lo} totale (w)	Aloc (w)	Aoc totale
Logement	4	58	0.5	0.95	111.36	73	146	257.36

Tableau III.49: Apports par occupants

- Apports dus aux machines et appareillages**

$$A_{sm} = C_{sm} * A_{ism} * NAI_m$$

$$A_{lm} = C_{sm} * AI_{lm}$$

$$\text{Machine : micro-onde (} A_{ism} = 1400 \text{ W/micro-onde et } A_{ilm} = 0 \text{ W/ordinateur)}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

Four ($A_{ism} = 3000W/\text{four}$ et $A_{ilm} = 610W/\text{télévision}$)

$$A_{iL} = 305w$$

$$A_{iS} = 2137.5 w$$

LOCAL	Type	Nbr	As/app	Cs	Nai	Asm (w)	Alm(w)	Asm T (w)
	Four électrique	1	3000	0.5	0.95	1425	305	2137.5
Logement	Refrigerateur	1	100	0.5	0.95	47.5	0	
	Micro-onde	1	1400	0.5	0.95	665	0	

Tableau III.50: Apports dus aux machines et appareillages

- Apports dus aux éclairages**

$$A_{se} = \Sigma (C_{se} * N_{Aie} * W_n * C_{me} * C_{cr})$$

Lampes fluorescentes : $W_n = 16 W/m^2$, $C_r = 1$, $C_{me} = 1,25$, $C_s = 0,7$, $N_{Aie} = 0,96$

$$A_{se} = 62.88 * 1,25 * 1 * 0,96 * 0,7$$

$$A_{se} = 52.82 W$$

Local	$W_n (w)$	C_{me}	N_{aj}	$A_{se} (w)$
Logement	62.88	1.25	0.96	52.82

Tableau III.51: Apports dus aux Eclairage

III.1.3.5. Les apports sensibles

$$A_s = A_{PO} + A_V + A_{Is} + A_{INFs}$$

$$A_s = 2731.68w$$

Local	APO	AV	AIs	AINFs	As
Logement	17.91	233.68	2372.91	107.18	2731.68

Tableau III.52: sensibles

III.1.3.1.6. Les apports latents

$$A_l = 451 w$$

III.1.3.7. Les apports effectifs

$$A_{Es} = (C_{Das} \times A_s) + (BF \times A_{RENs})$$

$$A_{Es} = (1.05 \times 2731.68) + (0.4 \times 320)$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

$$A_{Es} = 2996.26 \text{ w}$$

Local	CPas	As	BF	ARENs	AEs
Logement	1.05	2731.68	0.4	320	2996.26

Tableau III.53: apports effectifs sensibles

$$A_{El} = (C_{Dal} \times A_l) + (BF \times ARENl)$$

$$A_{EL} = (1.05 \times 451) + (0.4 \times 278.95)$$

$$A_{El} = 585.13 \text{ w}$$

Local	CPas	Al	BF	ARENl	AEl
Logement	1.05	451	0.4	278.95	585.13

Tableau III.54: apports effectifs latents

III.1.3.8. Les apports totaux

$$A_{Ts} = (C_{Das} \times A_s) + ARENs$$

$$A_{Ts} = 3188.26 \text{ w}$$

III.1.3.9. Vérification réglementaire

$$A_{PO} (15 \text{ h}) + A_V (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times A_{réf} (15 \text{ h}) (W)$$

Avec :

- $A_{réf} = A_{réf,PH} + A_{réf,PV} + A_{réf,PVI} (W)$
- $A_{réf,réf,PV} = \Sigma (c \times S_{int} \times \Delta T_{Sréf,PV})$

$$A_{réf,réf,PV} = \Sigma (1.4 \times 3.93 \times 5.81)$$

$$A_{réf,réf,PV} = 31.96 \text{ w}$$

- $A_{réf, PVI} = AVE_{réf} + AVT_{réf} \quad [W]$
- $AVE = [SV_{ens} I_t + (SV - SV_{ens}) I_d] FS N PVI_{réf}$

$$AVE (15h) = [2.31 * 45.77 + (0) * 51,41] * 0.15 * 0.95$$

$$AVE (15h) = 15.07 \text{ w}$$

- $AVT = e \times Souv \times \Delta T_{Sréf, PVI}$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

$$AVT(15h) = 1.2 * 6.8 * 2.31 * [34 - 24]$$

$$AVT(15h) = 188.49 \text{ W}$$

- $Aréf = Aréf_{PH} + Aréf_{PV} + Aréf_{PVI}$

$$Aréf = 31.96 + (15.07 + 188.49)$$

$$Aréf = 235.52 \text{ W}$$

- $1,05 \times Aréf (15 \text{ h}) = 247.3$
- $APO (15h) + AV (15h) = 251.6 \text{ w}$

$$D'ou APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times Aréf (15 \text{ h})$$

Donc l'exigence réglementaire n'est pas vérifiée

III.1.4. Salle de bain :

piece	Mur	APO	AV	Ais	AIL	Ainfs	AifL	As	Ats	Aref	Aref - (APO+AV)
SDB	nord	34,7204	54,63	2269,68	1015,5	25,06	21,84	2384,09	2823,295	109,56	20,2096
	ouest	60,912	43,96	2303,44	942,5	11,6	10,13	2419,912	2860,908	145,03	40,158
	Total	95,6324	98,59	4573,12	1958	36,66	31,97	4804,002	5684,203	254,59	60,3676

Tableau III.55 : recapitulatif des apports de SDB

III.1.4.1. Mur nord :

III.1.4.1.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times Sint \times DTE(t)$$

- **Calcul de la Différence équivalente de température Dte (t)**

$$DTe(t) = \Delta tes(t) + c\Delta te + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta Tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{It,b}{It,b(40)}$$

$$DTe(t) = 0 - 0.1 + 0.6[4.4] \times 1.03$$

$$DTe(t) = 2.62^\circ\text{C}$$

$$Sint = 7.62 \text{ m}^2$$

$$K_{été} = 1.45 \text{ W/}^\circ\text{m}^2$$

$$Eb = 9^\circ\text{C}$$

$$C\Delta te = - 0,1^\circ\text{C}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

$$\Delta t_{em} (15h) = 4.4^{\circ}C \quad \Delta t_{es} (15h) = 0^{\circ}C.$$

$$I_{t,b} = 48.5 \text{ W/m}^2$$

$$I_{t,b} (40) = 47 \text{ W/m}^2$$

D'où

$$APO (15h) = 1,2 * 1,45 * 7.62 * 2.62$$

$$APO (15h) = 34.72 \text{ w}$$

III.1.4.1.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))

$$AV (t) = AVT (t) + AVE (t)$$

$$AV (t) = 54.63 \text{ w}$$

- Apport due au gradient de température (par transmission) (AVT (t))**

$$AVT (t) = 1,2 * K_{été} * S_{ouv} * [T_{se} (t) - T_{sb,i}]$$

$$\text{Pour : } K_{été} = 6.8 \text{ W/m}^2; \quad S_{ouv} = 0.54 \text{ m}^2; \quad T_{se} = 34^{\circ}C; \quad T_{sbi} = 24^{\circ}C.$$

$$AVT(15h) = 1.2 * 6.8 * 0.54 * [34 - 24]$$

$$AVT(15h) = 44.06 \text{ W}$$

- Apport par ensoleillement (AVE (t))**

$$AVE (t) = [S_{vens} * I_t + (S_v - S_{vens}) * I_d] * F_s * N_{pvi} (t)$$

$$F_s = 0.45 \text{ N} \quad p_{vi}(15h) = 0.95 \quad S_{ouv} = 0.54 \text{ m}^2;$$

$$I_t = 45.77 \text{ W/m}^2 \quad I_{d,b} = 48,05 \text{ W/m}^2 \quad I_d = 51.41$$

Avec:

$$C_{cadre} = 1 \quad C_{limp} = 0,95 \quad C_{alt} = 1,0035 \quad C_{ros} = 0,99$$

$$AVE (15h) = [0.54 * 45.77 + (0) * 51,41] * 0.45 * 0.95$$

$$AVE (15h) = 10.57 \text{ W}$$

III.1.4.1.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur

$$ARENs (t) = 0,320 * Q_{van} * (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$ARENL (t) = 0,797 * Q_{van} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}); 0]$$

Pour un nombre d'occupants : N= 4 personnes,

$$Q_{van \text{ min}} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$ARENs (15h) = 0,320 * (4 * 25) * (34 - 24)$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

$$\text{ARENS (15h)} = 320 \text{ w}$$

$$\text{ARENL (t)} = 0,797 * 100 * \text{Max} [(14.5 - 11); 0]$$

$$\text{ARENL (t)} = 278.95 \text{ w}$$

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	ARENS (w)	Hbe-Hbi	ARENL (w)
Logement	4	7.62	100	10	320	3.5	278.95

Tableau III.56: apports renouvellement d'air

- Apports dus aux infiltrations d'air**

$$\text{AINFs (t)} = 0,320 * Q_{\text{vinf}} * (T_{\text{se}}(t) - T_{\text{sb,i}})$$

$$\text{AINFL (t)} = 0,797 * Q_{\text{vinf}} * \text{Max} [(H_{\text{sb,e}} - H_{\text{sb,i}}) ; 0]$$

$$\text{Souv} = 0.54 \text{ m}^2.$$

$$Q_{\text{v inf}} = 7.83 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{AINFs (t)} = 25.06 \text{ w}$$

$$\text{AINFL (t)} = 21.84 \text{ W}$$

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	AINFs (w)	Hbe-Hbi	AINFL (w)
Logement	4	0.54	100	10	25.06	3.5	21.84

Tableau III.57 : Apports infiltrations d'air

III.1.4.1.4. Apports internes

$$\text{AI(t)} = \sum_j (\text{Cs}_j * \text{AIs}_j * \text{NAI}_j) + \sum_j (\text{Cs}_j * \text{AIL}_j)$$

Salle de bain	Asoc	Asm	Ase	AIs	AIL
Mur nord	111.36	1851.08	307.24	2269.68	1015.5

Tableau III.58 : Apports interne

- Apport de chaleur par les occupants**

$$\text{Asoc} = \text{Cso} * \text{AIs}_o * \text{NAIo}$$

$$\text{ALoc} = \text{Cso} * \text{AIL}_o$$

$$\text{Avec: AIs} = 58 \text{ (W/personne)} \quad \text{AIL} = 73 \text{ (W/personne)} \quad \text{Cso} = 0,5 \quad \text{NAIo} = 0,95$$

$$\text{Asoc} = 4 * 0.5 * 58 * 0.95$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

$$A_{soc} = 111.36 \text{ w}$$

$$A_{loc} = 4 \cdot 73 \cdot 0.5$$

$$A_{loc} = 146 \text{ w}$$

LOCAL	Nbr occupants	Aiso (W/personne)	Cso	NAIo	Asoc (w)	AILoc totale (w)	Aloc (w)	Aoc totale
Logement	4	58	0.5	0.95	111.36	73	146	257.36

Tableau III.59: Apports par occupants

- Apports dus aux machines et appareillages**

$$A_{sm} = C_{sm} \cdot A_{ism} \cdot N_{Aim}$$

$$A_{lm} = C_{sm} \cdot A_{llm}$$

Machine : séchoir ($A_{ism} = 897\text{W/séchoir}$ et $A_{ilm} = 239\text{W/séchoir}$).

Machine a laver ($A_{ism} = 3000\text{W/machine}$ et $A_{ilm} = 1500\text{W/ machine}$)

$$A_L = 869.5\text{w}$$

$$A_S = 2137.5 \text{ w}$$

LOCAL	Type	Nbr	As/app	Cs	Nai	Asm (w)	Alm(w)	Asm T (w)
Logement	Séchoir	1	897	0.5	0.95	426.08	119.5	1851.08
	Machine a laver	1	3000	0.5	0.95	1425	750	

Tableau III.60: Apports dus aux machines et appareillages

- Apports dus aux éclairages**

$$A_{se} = \Sigma (C_{se} \cdot N_{Aie} \cdot W_n \cdot C_{me} \cdot C_{cr}) \text{ (Partie III, § XII.1.3)}$$

Lampes fluorescentes : $W_n = 16 \text{ W/m}^2$, $C_r = 3$, $C_{me} = 1,25$, $C_s = 0,7$, $N_{Aie} = 0,96$

$$A_{se} = 121.92 \cdot 1,25 \cdot 3 \cdot 0,96 \cdot 0,7$$

$$A_{se} = 124.05 \text{ W}$$

Local	Wn (w)	Cme	Nalj	Ase (w)
Logement	121.92	1.25	0.96	307.24

Tableau III.61 : Apports dus aux Eclairage

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

III.1.4.1.5. Les apports sensibles

$$A_s = A_{PO} + A_V + A_{Is} + A_{INFs}$$

$$A_s = 2384.1 \text{ w}$$

Local	APO	AV	AI _s	AINFs	A _s
Logement	34.72	54.63	2269.68	25.06	2384.1

Tableau III.62 : Apports sensibles

III.1.4.1.6. Les apports latents

$$A_l = 1015.5 \text{ w}$$

III.1.4.1.7. Les apports effectifs

$$A_{Es} = (C_{Das} \times A_s) + (BF \times A_{RENs})$$

$$A_{Es} = (1.05 \times 2384.1) + (0.4 \times 320)$$

$$A_{Es} = 2631.3 \text{ w}$$

Local	CPas	A _s	BF	A _{RENs}	A _{Es}
Logement	1.05	2384.1	0.4	320	2631.3

Tableau III.63 : apports effectifs sensibles

$$A_{El} = (C_{Dal} \times A_l) + (BF \times A_{REnI})$$

$$A_{El} = (1.05 \times 1015.5) + (0.4 \times 278.95)$$

$$A_{El} = 1177.86 \text{ w}$$

Local	CPas	A _l	BF	A _{REnI}	A _{El}
Logement	1.05	1015.5	0.4	278.95	585.13

Tableau III.64 : apports effectifs latents

III.1.4.1.8. Les apports totaux

$$A_{Ts} = (C_{Das} \times A_s) + A_{RENs}$$

$$A_{Ts} = 2823.3 \text{ w}$$

III.1.4.1.9. Vérification réglementaire

- $A_{PO} (15 \text{ h}) + A_V (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times A_{réf} (15 \text{ h}) (W)$
- $A_{réf} = A_{réf,PH} + A_{réf,PV} + A_{réf,PVI} (W)$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

- $Aréf_{réf,PV} = \Sigma (c \times Sint \times \Delta TS_{réf,PV})$

$$Aréf_{réf,PV} = \Sigma (1.4 \times 7.62 \times 5.81)$$

$$Aréf_{réf,PV} = 61.98 \text{ w}$$

- $A_{réf, PVI} = AVE_{réf} + AVT_{réf} \quad [W]$

- $AVE = [SVens It + (SV - SVens) Id]FS \text{ N PVI}_{réf} \text{ (Partie III, § VIII.2.5)}$

$$AVE (15h) = [0.54 * 45.77 + (0) * 51,41] * 0.15 * 0.95$$

$$AVE (15h) = 3.52 \text{ w}$$

- $AVT = e \times Souv \times \Delta TS_{réf, PVI} \quad w$

$$AVT(15h) = 1.2 * 6.8 * 0.54 * [34 - 24]$$

$$AVT(15h) = 44.06 \text{ W}$$

- $Aréf = Aréf_{PH} + Aréf_{PV} + Aréf_{PVI}$

$$Aréf = 61.98 + (44.06 + 3.52)$$

$$Aréf = 109.56 \text{ W}$$

- $1,05 \times Aréf (15 \text{ h}) = 115.04$

- $APO (15h) + AV (15h) = 89.37 \text{ w}$

$$D'ou APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times Aréf (15 \text{ h})$$

Donc l'exigence réglementaire est vérifiée

III.1.4.2. Mur ouest

III.1.4.2.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times Kété \times Sint \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta tes(t) + c\Delta te + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta Tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{It,b}{It,b(40)}$$

$$DTe(t) = 10.6 - 0.1 + 0.6[-10.6] \times 1$$

$$DTe(t) = 4.14^\circ\text{C}$$

$$Sint = 8.46 \text{ m}^2. \quad Kété = 1.45 \text{ W/}^\circ\text{m}^2 \quad Eb = 9^\circ\text{C} \quad C\Delta te = -0,1^\circ\text{C}$$

$$\Delta tem (15h) = 0^\circ\text{C} \quad \Delta tes (15h) = 10.6^\circ\text{C}. \quad It,b = 516 \text{ W/m}^2 \quad It,b (40) = 516 \text{ W/m}^2$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

D'ou

$$APO(15h) = 1.2 * 1.45 * 8.46 * 4.14$$

$$APO(15h) = 60.91 \text{ w}$$

III.1.4.2.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t)$$

$$AV(t) = 43.96 \text{ w}$$

• Apport due au gradient de température (par transmission) (AVT (t))

$$AVT(t) = 1,2 * K_{été} * S_{ouv} * [T_{se}(t) - T_{sb,i}]$$

$$\text{Pour : } K_{été} = 6.8 \text{ W/m}^2; \quad S_{ouv} = 0.25 \text{ m}^2; \quad T_{se} = 34^{\circ}\text{C}; \quad T_{sbi} = 24^{\circ}\text{C}.$$

$$AVT(15h) = 1.2 * 6.8 * 0.25 * [34 - 24]$$

$$AVT(15h) = 20.4 \text{ W}$$

• Apport par ensoleillement (AVE (t))

$$AVE(t) = [S_{vens} * I_t + (S_v - S_{vens}) * I_d] * F_s * N_{pvi}(t)$$

$$F_s = 0.45 \quad N_{pvi}(15h) = 0.43 \quad I_{t,b} = 516 \text{ W/m}^2, \quad I_t = 487 \text{ W/m}^2$$

$$I_{d,b} = 48,05 \text{ W/m}^2 \quad I_d = 51.41$$

Avec:

$$C_{cadre} = 1 \quad C_{limp} = 0,95 \quad C_{alt} = 1,0035 \quad C_{ros} = 0,99$$

$$AVE(15h) = [0.25 * 487 + (0) * 51,41] * 0.45 * 0.43$$

$$AVE(15h) = 23.56 \text{ W}$$

III.1.4.2.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur

$$ARENs(t) = 0,320 * Q_{van} * (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$ARENL(t) = 0,797 * Q_{van} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}); 0]$$

Pour un nombre d'occupants : N= 4 personnes,

$$Q_{van \text{ min}} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$ARENs(15h) = 0,320 * (4 * 25) * (34 - 24)$$

$$ARENs(15h) = 320 \text{ w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

$$AREN_L(t) = 0,797 * 100 * \text{Max} [(14.5 - 11); 0]$$

$$AREN_L(t) = 278.95 \text{ w}$$

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	ARENS (w)	Hbe-Hbi	AREN _L (w)
Logement	4	8.46	100	10	320	3.5	278.95

Tableau III.65: apports par renouvellement d'air

- Apports dus aux infiltrations d'air**

$$AINF_s(t) = 0,320 * Q_{vinf} * (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$AINF_L(t) = 0,797 * Q_{vinf} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}) ; 0]$$

$$S_{ouv} = 0.25 \text{ m}^2.$$

$$Q_{vinf} = 3.63 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$AINF_s(t) = 11.6 \text{ w}$$

$$AINF_L(t) = \mathbf{10.13 \text{ W}}$$

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	AINFs (w)	Hbe-Hbi	AINFL (w)
Logement	4	0.25	100	10	11.6	3.5	10.13

Tableau III.66: Apports infiltrations d'air

III.1.4.2.4. Apports internes

$$AI(t) = \sum_j (C_{sj} * A_{Isj} * N_{AIj}) + \sum_j (C_{sj} * A_{ILj})$$

Salle de bain	Asoc	Asm	Ase	AI _s	AI _L
Mur ouest	111.36	1851.08	341	2303.44	942.5

Tableau III.67: Apports interne

- Apport de chaleur par les occupants**

$$A_{soc} = C_{so} * A_{Iso} * N_{AIo}$$

$$A_{loc} = C_{so} * A_{ILO}$$

$$\text{Avec: } A_{is} = 58 \text{ (W/personne)} \quad A_{IL} = 73 \text{ (W/personne)} \quad C_{so} = 0,5 \quad N_{AIo} = 0,95$$

$$A_{soc} = 4 * 0.5 * 58 * 0.95$$

$$A_{soc} = 111.36 \text{ w}$$

$$A_{loc} = 4 * 73 * 0.5$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

$$A_{loc} = 146 \text{ w}$$

LOCAL	Nbr occupants	Aiso (W/personne)	Cso	NAIo	Asoc (w)	AILoc totale (w)	Aloc (w)	Aoc totale
Logement	4	58	0.5	0.95	111.36	73	146	257.36

Tableau III.68: Apports par occupants

- Apports dus aux machines et appareillages**

$$A_{sm} = C_{sm} * A_{ism} * N_{AIm}$$

$$A_{lm} = C_{sm} * A_{Llm}$$

Machine : séchoir ($A_{ism} = 897\text{W/séchoir}$ et $A_{ilm} = 239\text{W/séchoir}$).

Machine a laver ($A_{ism} = 3000\text{W/machine}$ et $A_{ilm} = 1500\text{W/ machine}$)

$$A_{Ll} = 305\text{w}$$

$$A_{Is} = 2137.5 \text{ w}$$

LOCAL	Type	Nbr	As/app	Cs	Nai	Asm (w)	Alm(w)	Asm T (w)
Logement	séchoir	1	897	0.5	0.95	426.08	119.5	1851.08
	Machine a laver	1	3000	0.5	0.95	1425	750	

Tableau III.69 : Apports dus aux machines et appareillages

- Apports dus aux éclairages**

$$A_{se} = \Sigma (C_{se} * N_{Aie} * W_n * C_{me} * C_{cr})$$

Lampes fluorescentes : $W_n = 16 \text{ W/m}^2$, $Cr = 3$, $C_{me} = 1,25$, $C_s = 0,7$, $N_{Aie} = 0,96$

$$A_{se} = 135.36 * 1,25 * 3 * 0,96 * 0,7$$

$$A_{se} = 341 \text{ W}$$

Local	Wn (w)	Cme	Nalj	Ase (w)
Logement	121.92	1.25	0.96	341

Tableau III.70 : Apports dus aux Eclairage

III.1.4.2.5. Les apports sensibles

$$A_s = A_{PO} + A_V + A_{Is} + A_{INFs}$$

$$A_s = 2420\text{w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

Local	APO	AV	Als	AINFs	As
Logement	60.94	43.96	2303.44	11.6	2420

Tableau III.71: Apports sensibles

III.1.4.2.6. Les apports latents

$$Al = 942.5 \text{ w}$$

III.1.4.2.7. Les apports effectifs

$$AEs = (C_{Das} \times As) + (BF \times ARENs)$$

$$AEs = (1.05 \times 2420) + (0.4 \times 320)$$

$$AEs = 2669 \text{ w}$$

Local	CPas	As	BF	ARENs	AEs
Logement	1.05	2420	0.4	320	2669

Tableau III.72: Apports effectifs sensibles

$$AEI = (C_{Dal} \times Al) + (BF \times ARENI)$$

$$AE_L = (1.05 \times 942.5) + (0.4 \times 278.95)$$

$$AEI = 1101.2 \text{ w}$$

Local	CPas	Al	BF	ARENI	AEI
Logement	1.05	942.5	0.4	278.95	1101.2

Tableau III.73: Apports effectifs sensibles

III.1.4.2.8. Les apports totaux

$$ATs = (C_{Das} \times As) + ARENs$$

$$ATs = 2861 \text{ w}$$

III.1.4.2.9. Vérification réglementaire

- $APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times Aréf (15 \text{ h})$
- $Aréf = Aréf_{PH} + Aréf_{PV} + Aréf_{PVI} (W)$
- $Aréf_{réf,PV} = \Sigma (c \times Sint \times \Delta TS_{réf,PV})$

$$Aréf_{réf,PV} = \Sigma (1.4 \times 8.46 \times 9.86)$$

$$Aréf_{réf,PV} = 116.78 \text{ w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

- $A_{\text{réf, PVI}} = AVE_{\text{réf}} + AVT_{\text{réf}} \quad [\text{w}]$
- $AVE = [SV_{\text{ens It}} + (SV - SV_{\text{ens}}) Id] FS N PVI_{\text{réf}}$

$$AVE (15h) = [0.25 * 487 + (0) * 51,41] * 0.15 * 0.43$$

$$AVE (15h) = 7.85 \text{ w}$$

- $AVT = e \times \text{Souv} \times \Delta T_{\text{réf, PVI}}$

$$AVT(15h) = 1.2 * 6.8 * 0.25 * [34 - 24]$$

$$AVT(15h) = 20.4 \text{ w}$$

D'où :

$$Aréf = Aréf_{\text{PH}} + Aréf_{\text{PV}} + Aréf_{\text{PVI}}$$

$$Aréf = 116.78 + (7.85 + 20.4)$$

$$Aréf = 145.03 \text{ w}$$

- $1,05 \times Aréf (15 \text{ h}) = 152.3 \text{ w}$
- $APO (15h) + AV (15h) = 104.9 \text{ w}$

$$D'ou APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times Aréf (15 \text{ h})$$

Donc l'exigence réglementaire est vérifiée

piece	mur	APO	AV	Ais	AIL	Ainfs	AifL	As	Ats	Aref	Aref - (APO+AV)
hall	ouest	39,312	0	258,12	146	0	0	297,432	632,3036	75,37	36,058
	sud	49,10609	114,24	250,36	146	122,49	106,78	536,1961	883,0059	250,1	86,75391
	total	88,41809	114,24	508,48	292	122,49	106,78	833,6281	1515,309	325,47	122,8119

Tableau III.74 : recapitulatif des apports du hall

III.1.5. Hall**III.1.5.1. Mur ouest****III.1.5.1.1. Apports à travers les parois opaques**

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta t_{es}(t) + c\Delta t_e + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta T_{em}(t) - \Delta t_{es}(t)] \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40)}$$

$$DTe(t) = 10.6 - 0.1 + 0.6[-10.6] \times 1$$

$$DTe(t) = 4.14^\circ\text{C}$$

$$S_{int} = 5.46 \text{ m}^2$$

$$K_{été} = 1.45 \text{ W/}^\circ\text{m}^2$$

$$E_b = 9^\circ\text{C}$$

$$C\Delta t_e = -0.1^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{em}(15h) = 0^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{es}(15h) = 10.6^\circ\text{C}$$

$$I_{t,b} = 516 \text{ W/m}^2$$

$$I_{t,b}(40) = 516 \text{ W/m}^2$$

D'où

$$APO(15h) = 1,2 \times 1.45 \times 5.46 \times 4.14$$

$$APO(15h) = 39.31 \text{ w}$$

III.1.5.1.2 Apports à travers les parois vitrées (AV (t))

$$AV(t) = 0 \text{ w}$$

III.1.5.1.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur

$$ARENs(t) = 0,320 \times Q_{van} \times (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$ARENL(t) = 0,797 \times Q_{van} \times \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}); 0]$$

Pour un nombre d'occupants : N= 4 personnes,

$$Q_{van \text{ min}} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$ARENs(15h) = 0,320 \times (4 \times 25) \times (34 - 24)$$

$$ARENs(15h) = 320 \text{ w}$$

$$ARENL(t) = 0,797 \times 100 \times \text{Max} [(14.5 - 11); 0]$$

$$ARENL(t) = 278.95 \text{ w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	ARENS (w)	Hbe-Hbi	ARENL (w)
Logement	4	8.46	100	10	320	3.5	278.95

Tableau III.75: Apports par renouvellement d'air

- Apports dus aux infiltrations d'air**

$$AINFs(t) = 0,320 * Q_{vinf} * (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$AINFL(t) = 0,797 * Q_{vinf} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}) ; 0]$$

$$\text{Souv} = 0 \text{ m}^2.$$

$$Q_{vinf} = \text{m}^3/\text{h}$$

$$AINFs(t) = 0 \text{ W}$$

$$AINFL(t) = 0 \text{ W}$$

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	AINFs (w)	Hbe-Hbi	AINFL (w)
Logement	4	0.25	100	10	0	3.5	0

Tableau III.76: Apports infiltrations d'air

III.1.5.1.4. Apports internes

$$AI(t) = \sum_j (C_{sj} * A_{Isj} * N_{AIj}) + \sum_j (C_{sj} * A_{ILj})$$

Hall	Asoc	Asm	Ase	AI _s	AI _L
Mur ouest	111.36	0	146.76	258.12	146

Tableau III.77: Apports interne

- Apport de chaleur par les occupants**

$$A_{soc} = C_{so} * A_{Iso} * N_{AIo}$$

$$A_{loc} = C_{so} * A_{ILO}$$

$$\text{Avec: } A_{Is} = 58 \text{ (W/personne)} \quad A_{IL} = 73 \text{ (W/personne)} \quad C_{so} = 0,5 \quad N_{AIo} = 0,95$$

$$A_{soc} = 4 * 0,5 * 58 * 0,95$$

$$A_{soc} = 111,36 \text{ W}$$

$$A_{loc} = 4 * 73 * 0,5$$

$$A_{loc} = 146 \text{ W.}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

LOCAL	Nbr occupants	Aiso (W/personne)	Cso	NAIo	Asoc (w)	AILoc totale (w)	Aloc (w)	Aoc totale
Logement	4	58	0.5	0.95	111.36	73	146	257.36

Tableau III.78: Apports par occupants

- **Apports dus aux machines et appareillages**

$$Al_L = 0w$$

$$Al_s = 0 w$$

- **Apports dus aux éclairages**

$$Ase = \Sigma (Cse * NAle * Wn * Cme * Ccr)$$

$$\text{Lampes fluorescentes : } Wn = 16 \text{ W/m}^2, \quad Cr = 2, \quad Cme = 1,25, \quad Cs = 0,7 \quad NAle = 0,96$$

$$Ase = 87.36 * 1,25 * 2 * 0,96 * 0,7$$

$$Ase = 146.76 w$$

Local	Wn (w)	Cme	Nalj	Ase (w)
Logement	87.36	1.25	0.96	146.76

Tableau III.79: Apports dus aux Eclairage

III.1.5.1.5. Les apports sensibles

$$As = APO + AV + AIs + AINFs$$

$$As = 297.43 w$$

Local	APO	AV	AIs	AINFs	As
Logement	39.31	0	258.12	0	297.43

Tableau. III.80 : Apports sensibles

III.1.5.1.6. Les apports latents

$$Al = 146 w$$

III.1.5.1.7. Les apports effectifs

$$AEs = (C_{Das} \times As) + (BF \times ARENs)$$

$$AEs = (1.05 \times 297.43) + (0.4 \times 320)$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

$$A_{Es} = 440.30 \text{ w}$$

Local	CPas	As	BF	ARENs	AEs
Logement	1.05	297.43	0.4	320	440.30

Tableau. III.81: Apports effectifs sensibles

$$A_{El} = (C_{Dal} \times A_l) + (BF \times ARENl)$$

$$A_{EL} = (1,05 \times 146) + (0,4 \times 278.95)$$

$$A_{El} = 264.88 \text{ w}$$

Local	CPas	Al	BF	ARENl	AEl
Logement	1.05	942.5	0.4	278.95	264.88

Tableau III.82: Apports effectifs latents

III.1.5.1.8. Les apports totaux

$$A_{Ts} = (C_{Das} \times A_s) + ARENs$$

$$A_{Ts} = 632.30 \text{ w}$$

III.1.5.1.9. Vérification réglementaire

- $APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times A_{réf} (15 \text{ h}) (W)$
- $A_{réf} = A_{réf,PH} + A_{réf,PV} + A_{réf,PVI} (W)$
- $A_{réf,réf,PV} = \Sigma (c \times S_{int} \times \Delta T_{Sréf,PV})$

$$A_{réf,réf,PV} = \Sigma (1.4 \times 5.46 \times 9.86)$$

$$A_{réf,réf,PV} = 75.37 \text{ w}$$

- $A_{réf, PVI} = AVE_{réf} + AVT_{réf} \quad [W]$

$$A_{réf, PVI} = 0 \text{ w}$$

- $A_{réf} = A_{réf, PH} + A_{réf, PV} + A_{réf, PVI}$

$$A_{réf} = 75.37 \text{ w}$$

- $1,05 \times A_{réf} (15 \text{ h}) = 79 \text{ w}$
- $APO (15h) + AV (15h) = 39.33 \text{ w}$

$$D'où APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times A_{réf} (15 \text{ h})$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

Donc l'exigence réglementaire est vérifiée

III.1.5.2. Mur sud

III.1.5.2.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta t_{es}(t) + c\Delta t_e + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta T_{em}(t) - \Delta t_{es}(t)] \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40)}$$

$$DTe(t) = 13.9 - 0.1 + 0.6[-13.9] \times 0.72$$

$$DTe(t) = 7.8$$

$$S_{int} = 3.62 \text{ m}^2$$

$$K_{été} = 1.45 \text{ W/}^\circ\text{m}^2$$

$$E_b = 9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$C\Delta t_e = -0.1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{em} (15h) = 0 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{es} (15h) = 13.9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$I_{t,b} = 155.5 \text{ W/m}^2$$

$$I_{t,b} (40) = 217 \text{ W/m}^2$$

D'où

$$APO (15h) = 1.2 \times 1.45 \times 3.62 \times 7.8$$

$$APO (15h) = 49.11 \text{ W}$$

III.1.5.2.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))

$$AV (t) = AVT (t) + AVE (t)$$

$$AV (t) = 114.24 \text{ W}$$

- Apport due au gradient de température (par transmission) (AVT (t))**

$$AVT (t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{ouv} \times [T_{se}(t) - T_{sb,i}]$$

$$\text{Pour : } K_{été} = 6.8 \text{ W/m}^2; \quad S_{ouv} = 2.64 \text{ m}^2; \quad T_{se} = 34^\circ\text{C}; \quad T_{sb,i} = 24^\circ\text{C}.$$

$$AVT(15h) = 1.2 \times 6.8 \times 2.64 \times [34 - 24]$$

$$AVT(15h) = 114.24 \text{ W}$$

- Apport par ensoleillement (AVE (t))**

$$AVE (t) = [S_{vens} \times I_t + (S_v - S_{vens}) \times I_d] \times F_s \times N_{pvi} (t)$$

$$AVE (15h) = 0 \text{ W}$$

b. 4.2.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur

$$ARENs (t) = 0,320 \times Q_{van} \times (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

$$AREN_L(t) = 0,797 * Q_{van} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}); 0]$$

Pour un nombre d'occupants : N= 4 personnes,

$$Q_{van \text{ min}} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$ARENS(15h) = 0,320 * (4*25) * (34 - 24)$$

$$ARENS(15h) = 320 \text{ w}$$

$$AREN_L(t) = 0,797 * 100 * \text{Max} [(14.5 - 11); 0]$$

$$AREN_L(t) = 278.95 \text{ w}$$

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	ARENS (w)	Hbe-Hbi	AREN _L (w)
Logement	4	1.68	100	10	320	3.5	278.95

Tableau .III.83: Apports par renouvellement d'air

- Apports dus aux infiltrations d'air**

$$AINFs(t) = 0.320 * Q_{vinf} * (Tse(t) - T_{sb,i})$$

$$AINFL(t) = 0.797 * Q_{vinf} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}) ; 0]$$

$$\text{Avec: } Q_{v \text{ inf}} = \Sigma (Q_{vo \text{ inf}} * \text{Souv}) (\text{m}^3/\text{h})$$

$$Q_{vo \text{ inf}} = 14.5 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$\text{Souv} = 2.64 \text{ m}^2.$$

$$Q_{v \text{ inf}} = 38.28 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$AINFs(t) = 0,320 * 38.28 * (34 - 24)$$

$$AINFs(t) = 122.49 \text{ w}$$

$$AINFL(15h) = 0,797 * 38.28 * (14,5 - 11)$$

$$AINFL(t) = 106.78 \text{ w}$$

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	AINFs (w)	Hbe-Hbi	AINFL (w)
Logement	4	1.68	100	10	122.49	3.5	106.78

Tableau III.84 : Apports infiltrations d'air

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

III.1.5.2.4. Apports internes

$$AI(t) = \sum_j (C_{sj} * A_{Isj} * N_{AIj}) + \sum_j (C_{sj} * A_{ILj})$$

Hall	Asoc	Asm	Ase	AI _s	AI _L
Mur ouest	111.36	0	139	250.36	146

Tableau III.85: Apports interne

- Apport de chaleur par les occupants**

$$A_{soc} = C_{so} * A_{Iso} * N_{AIo}$$

$$A_{Loc} = C_{so} * A_{ILO}$$

Avec: $A_{is} = 58$ (W/personne) $A_{IL} = 73$ (W/personne) $C_{so} = 0,5$ $N_{AIo} = 0,95$

$$A_{soc} = 4 * 0,5 * 58 * 0,95$$

$$A_{soc} = 111.36 \text{ W}$$

$$A_{loc} = 4 * 73 * 0,5$$

$$A_{loc} = 146 \text{ W.}$$

LOCAL	Nbr occupants	Aiso (W/personne)	Cso	NAIo	Asoc (w)	AILoc totale (w)	Aloc (w)	Aoc totale
Logement	4	58	0.5	0.95	111.36	73	146	257.36

Tableau III.86: Apports par occupants

- Apports dus aux machines et appareillages**

$$AI_L = 0 \text{ W}$$

$$AI_s = 0 \text{ W}$$

- Apports dus aux éclairages**

$$A_{se} = \sum (C_{se} * N_{AIe} * W_n * C_{me} * C_{cr})$$

Lampes fluorescentes : $W_n = 16 \text{ W/m}^2$, $C_r = 2$, $C_{me} = 1,25$, $C_s = 0,7$, $N_{AIe} = 0,96$

$$A_{se} = 57.92 * 1,25 * 2 * 0,96 * 0,7$$

$$A_{se} = 139 \text{ W}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

Local	Wn (w)	Cme	Nalj	Ase (w)
Logement	57.92	1.25	0.96	139

Tableau III.87: Apports dus aux Eclairage

III.1.5.2.5. Les apports sensibles

$$As = APO + AV + AIs + AINFs$$

$$As = 536.2 \text{ w}$$

Local	APO	AV	AIs	AINFs	As
Logement	49.11	114.24	250.36	122.49	536.2

Tableau III.88: Apports sensibles

III.1.5.2.6. Les apports latents

$$Al = 146 \text{ w}$$

III.1.5.2.7. Les apports effectifs

$$AEs = (C_{Das} \times As) + (BF \times ARENs)$$

$$AEs = (1,05 \times 536.2) + (0,4 \times 320)$$

$$AEs = 691.01 \text{ w}$$

Local	CPas	As	BF	ARENs	AEs
Logement	1.05	536.2	0.4	320	691.01

Tableau III.89: Apports effectifs sensibles

$$AEI = (C_{Dal} \times Al) + (BF \times ARENI)$$

$$AEI = (1.05 \times 146) + (0.4 \times 278.95)$$

$$AEI = 264.88 \text{ w}$$

Local	CPas	Al	BF	ARENI	AEI
Logement	1.05	146	0.4	278.95	264.88

Tableau III.90: Apports effectifs latents

III.1.5.2.8. Les apports totaux

$$ATs = (C_{Das} \times As) + ARENs$$

$$ATs = 883.01 \text{ w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

III.1.5.2.9. Vérification réglementaire

- $APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times Aréf (15 \text{ h}) (W)$
- $Aréf = Aréf_{PH} + Aréf_{PV} + Aréf_{PVI} (W)$
- $Aréf_{réf,PV} = \Sigma (c \times Sint \times \Delta TS_{réf,PV})$

$$Aréf_{réf,PV} = \Sigma (1.4 \times 3.62 \times 6.84)$$

$$Aréf_{réf,PV} = 34.67 \text{ w}$$

- $A_{réf, PVI} = AVE_{réf} + AVT_{réf} \quad [W] \text{ (Partie III, § VIII.2.5)}$

$$AVE (15h) = 0 \text{ w}$$

- $AVT = e \times Souv \times \Delta TS_{réf, PVI}$

$$AVT(15h) = 1.2 \times 6.8 \times 2.64 \times [34 - 24]$$

$$AVT(15h) = 215.42 \text{ W}$$

- $Aréf = Aréf_{PH} + Aréf_{PV} + Aréf_{PVI}$

$$Aréf = 34.67 + 215.42$$

$$Aréf = 250.1 \text{ w}$$

- $1,05 \times Aréf (15 \text{ h}) = 262.6 \text{ w}$
- $APO (15h) + AV (15h) = 163.37 \text{ w}$

$$D'où APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times Aréf (15 \text{ h})$$

Donc l'exigence réglementaire est vérifiée

III.1.6. Séjour :

piece	Mur	APO	AV	Ais	AIL	Ainfs	AifL	As	Ats	Aref	Aref - (APO+AV)
sejour	Sud	70,26783	265,67	466	146	97,44	67,95	899,3778	1264,347	255,8	-80,1378
	Est	57,824	0	520,41	146	0	0	578,234	927,1457	117,71	59,886
	Ouest	35,568	0	215,1	146	0	0	250,668	583,2014	68,19	32,622
	Total	163,6598	265,67	1201,51	AIL	97,44	67,95	1728,28	2774,694	441,7	12,37017

Tableau III91 : recapitulatif des apports du sejour

III.1.6.1. Mur sud**III.1.6.1.1. Apports à travers les parois opaques**

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times Sint \times DTE(t)$$

$$\bullet \quad DTe(t) = \Delta tes(t) + c\Delta te + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta Tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{It,b}{It,b(40)}$$

$$DTe(t) = 13.9 - 0.1 + 0.6[-13.9] \times 0.72$$

$$DTe(t) = 7.8$$

$$S_{int} = 5.18 \text{ m}^2$$

$$K_{été} = 1.45 \text{ W/}^\circ\text{m}^2$$

$$E_b = 9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$C\Delta te = -0.1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta tem(15h) = 0 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta tes(15h) = 13.9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$I_{t,b} = 155.5 \text{ W/m}^2$$

$$I_{t,b}(40) = 217 \text{ W/m}^2$$

$$APO(15h) = 1,2 \times 1.45 \times 5.18 \times 7.8$$

$$APO(15h) = 70.27 \text{ w}$$

III.1.6.1.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t)$$

$$AV(t) = 265.67 \text{ w}$$

• Apport due au gradient de température (par transmission) (AVT (t))

$$AVT(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{ouv} \times [T_{se}(t) - T_{sb,i}]$$

$$\text{Pour : } K_{été} = 6.8 \text{ W/m}^2; \quad S_{ouv} = 2.1 \text{ m}^2; \quad T_{se} = 34^\circ\text{C}; \quad T_{sb,i} = 24^\circ\text{C}.$$

$$AVT(15h) = 1.2 \times 6.8 \times 2.1 \times [34 - 24]$$

$$AVT(15h) = 171.36 \text{ W}$$

• Apport par ensoleillement (AVE (t))

$$AVE(t) = [S_{vens} \times I_t + (S_v - S_{vens}) \times I_d] \times F_s \times N_{pvi}(t)$$

$$F_s = 0.45$$

$$pvi(15h) = 0.68$$

$$I_{t,b} = 155.5 \text{ W/m}^2,$$

$$I_t = 146.76 \text{ W/m}^2$$

$$I_{d,b} = 48.05 \text{ W/m}^2$$

$$I_d = 51.41$$

Avec:

$$C_{cadre} = 1$$

$$C_{limp} = 0.95$$

$$C_{alt} = 1.0035$$

$$C_{ros} = 0.99$$

$$AVE(15h) = [2.1 \times 146.76 + (0) \times 51.41] \times 0.45 \times 0.68$$

$$AVE(15h) = 94.30 \text{ W}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

III.1.6.1.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur

$$ARENS(t) = 0,320 * Q_{van} * (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$ARENL(t) = 0,797 * Q_{van} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}); 0]$$

Pour un nombre d'occupants : N= 4 personnes,

$$Q_{van \text{ min}} = 25 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (Partie II, Tableau 7.4)}$$

$$ARENS(15h) = 0,320 * (4*25) * (34 - 24)$$

$$ARENS(15h) = 320 \text{ w}$$

$$ARENL(t) = 0,797 * 100 * \text{Max} [(14.5 - 11); 0]$$

$$ARENL(t) = 278.95 \text{ w}$$

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	ARENS (w)	Hbe-Hbi	ARENL (w)
Logement	4	1.68	100	10	320	3.5	278.95

Tableau III.92: Apports par renouvellement d'air

- Apports dus aux infiltrations d'air**

$$AINFs(t) = 0,320 * Q_{vinf} * (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$AINFL(t) = 0,797 * Q_{vinf} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}) ; 0]$$

$$\text{Avec: } Q_{v \text{ inf}} = \Sigma (Q_{vo \text{ inf}} * \text{Souv}) \text{ (m}^3/\text{h)}$$

$$Q_{vo \text{ inf}} = 14.5 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$\text{Souv} = 2.1 \text{ m}^2.$$

$$Q_{v \text{ inf}} = 30.45 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$AINFs(t) = 0,320 * 30.45 * (34 - 24)$$

$$AINFs(t) = 97.44 \text{ w}$$

$$AINFL(15h) = 0,797 * 30.45 * (14,5 - 11)$$

$$AINFL(t) = 67.95 \text{ W}$$

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	AINFs (w)	Hbe-Hbi	AINFL (w)
Logement	4	1.68	100	10	97.44	3.5	67.95

Tableau III.93 : Apports infiltrations d'air

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

III.1.6.1.4. Apports internes

$$AI(t) = \sum_j (C_{sj} * A_{Isj} * NAI_j) + \sum_j (C_{sj} * A_{ILj})$$

Sejour	Asoc	Asm	Ase	AI _s	AI _L
Mur sud	111.36	285	69.62	466	146

Tableau III.94 : Apports interne

- Apport de chaleur par les occupants**

$$A_{soc} = C_{so} * A_{Iso} * NAI_o$$

$$A_{Loc} = C_{so} * A_{ILO}$$

Avec: A_{is}= 58 (W/personne) A_{IL}= 73 (W/personne) C_{so}= 0,5 NAI_o= 0,95

$$A_{soc} = 4 * 0,5 * 58 * 0,95$$

$$A_{soc} = 111.36 \text{ W}$$

$$A_{loc} = 4 * 73 * 0,5$$

$$A_{loc} = 146 \text{ W.}$$

LOCAL	Nbr occupants	Aiso (W/personne)	Cso	NAIo	Asoc (w)	AILoc totale (w)	Aloc (w)	Aoc totale
Logement	4	58	0.5	0.95	111.36	73	146	257.36

Tableau III.95 : Apports par occupants

- Apports dus aux machines et appareillages**

$$A_{sm} = C_{sm} * A_{ism} * NAI_m$$

$$A_{lm} = C_{sm} * A_{lIm}$$

Machine : Ordinateur (A_{ism} = 450W/ordinateur et A_{ilm} = 0W/ordinateur).

Télévision (A_{ism} = 150W/télévision et A_{ilm} = 0W/ télévision)

$$A_{L} = 0 \text{ w}$$

$$A_{s} = 285 \text{ w}$$

LOCAL	Type	Nbr	As/app	Cs	Nai	Asm (w)	Alm(w)	Asm T (w)
Logement	Television	1	150	0.5	0.95	71.25	0	285
	Micro-ordinateur	1	450	0.5	0.95	213.8	0	

Tableau III.96 : Apports dus aux machines et appareillages

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

Apports dus aux éclairages

$$A_{se} = \Sigma (C_{se} * N_{A_{le}} * W_n * C_{me} * C_{cr})$$

Lampes fluorescentes : $W_n = 16 \text{ W/m}^2$, $C_r = 1$, $C_{me} = 1,25$, $C_s = 0,7$, $N_{A_{le}} = 0,96$

$$A_{se} = 82.88 * 1,25 * 1 * 0,96 * 0,7$$

$$A_{se} = 124.05 \text{ W}$$

Local	$W_n \text{ (w)}$	C_{me}	N_{alj}	$A_{se} \text{ (w)}$
Logement	82.88	1.25	0.96	69.62

Tableau III.97: Apports dus aux Eclairage

III.1.6.1.5. Les apports sensibles

$$A_s = A_{PO} + A_V + A_{Is} + A_{INFs}$$

$$A_s = 899.38 \text{ w}$$

Local	A_{PO}	A_V	A_{Is}	A_{INFs}	A_s
Logement	70.30	265.67	466	97.44	899.38

Tableau III.98 : Apports sensibles

III.1.6.1.6. Les apports latents

$$A_l = 146 \text{ w}$$

III.1.6.1.7. Les apports effectifs

$$A_{Es} = (C_{Das} \times A_s) + (BF \times A_{RENs})$$

$$A_{Es} = (1,05 \times 899.38) + (0,4 \times 320)$$

$$A_{Es} = 1072.35 \text{ w}$$

Local	C_{Pas}	A_s	BF	A_{RENs}	A_{Es}
Logement	1.05	899.41	0.4	320	1072.35

Tableau III.99: apports effectifs sensibles

$$A_{El} = (C_{Dal} \times A_l) + (BF \times A_{RENI})$$

$$A_{El} = (1.05 \times 146) + (0,4 \times 278.95)$$

$$A_{El} = 264.88 \text{ w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

Local	CPas	Al	BF	ARENI	AEI
Logement	1.05	146	0.4	278.95	264.88

Tableau III.100 : apports effectifs latents

III.1.6.1.8. Les apports totaux

$$ATs = (C_{Das} \times As) + ARENs$$

$$ATs = 1264.34 \text{ w}$$

III.1.6.1.9. Vérification réglementaire :

- $APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times Aréf (15 \text{ h}) (w)$
- $Aréf = Aréf_{,PH} + Aréf_{,PV} + Aréf_{,PVI} (W)$
- $Aréf_{réf,PV} = \Sigma (c \times Sint \times \Delta TS_{réf,PV})$

$$Aréf_{réf,PV} = \Sigma (1.4 \times 5.18 \times 6.84)$$

$$Aréf_{réf,PV} = 50 \text{ w}$$

- $A_{réf, PVI} = AVE_{réf} + AVT_{réf} \quad [w]$
- $AVE = [SVens It + (SV - SVens) Id] FS N PVI_{,réf}$

$$AVE (15h) = [2.1 \times 146.76 + (0) \times 51,41] \times 0.15 \times 0.68$$

$$AVE (15h) = 31.43 \text{ w}$$

- $AVT = e \times Souv \times \Delta TS_{réf, PVI}$

$$AVT(15h) = 1.2 \times 6.8 \times 2.1 \times [34 - 24]$$

$$AVT(15h) = 171.36 \text{ W}$$

- $Aréf = Aréf_{,PH} + Aréf_{,PV} + Aréf_{,PVI}$

$$Aréf = 50 + (31.43 + 171.36)$$

$$Aréf = 255.8 \text{ W}$$

$$1,05 \times Aréf (15 \text{ h}) = 268.6 \text{ w}$$

- $APO (15h) + AV (15h) = 336 \text{ w}$

$$D'ou APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \geq 1,05 \times Aréf (15 \text{ h})$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

Donc l'exigence réglementaire n'est pas vérifiée, ce qui signifie que le bâtiment n'est pas réglementaire. Pour vérifier cette exigence, il faut refaire le calcul précédent en ajoutant une couche isolante dans le plancher haut et remplacer la lame d'air des parois verticales par une couche d'isolation.

III.1.6.2. Mur ouest :

III.1.6.2.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta t_{es}(t) + c\Delta t_e + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta T_{em}(t) - \Delta t_{es}(t)] \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40)}$$

$$DTe(t) = 10.6 - 0.1 + 0.6[-10.6] \times 1$$

$$DTe(t) = 4.14^\circ\text{C}$$

$$S_{int} = 4.94 \text{ m}^2.$$

$$K_{été} = 1.45 \text{ W/}^\circ\text{m}^2$$

$$E_b = 9^\circ\text{C}$$

$$C\Delta t_e = -0.1^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{em}(15h) = 0^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{es}(15h) = 10.6^\circ\text{C}.$$

$$I_{t,b} = 516 \text{ W/m}^2$$

$$I_{t,b}(40) = 516 \text{ W/m}^2$$

D'où

$$APO(15h) = 1,2 \times 1.45 \times 4.94 \times 4.14$$

$$APO(15h) = 35.57 \text{ w}$$

III.1.6.2.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))

$$AV(t) = 0 \text{ w}$$

III.1.6.2.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur

$$ARENs(t) = 0,320 \times Q_{van} \times (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$ARENL(t) = 0,797 \times Q_{van} \times \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}); 0]$$

Pour un nombre d'occupants : N= 4 personnes,

$$Q_{van \text{ min}} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$ARENs(15h) = 0,320 \times (4 \times 25) \times (34 - 24)$$

$$ARENs(15h) = 320 \text{ w}$$

$$ARENL(t) = 0,797 \times 100 \times \text{Max} [(14.5 - 11); 0]$$

$$ARENL(t) = 278.95 \text{ w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	ARENS (w)	Hbe-Hbi	ARENL (w)
Logement	4	4.94	100	10	320	3.5	278.95

Tableau III.101 : apports par renouvellement d'air

- **Apports dus aux infiltrations d'air**

$$AINFs(t) = 0,320 * Q_{vinf} * (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$AINFL(t) = 0,797 * Q_{vinf} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}) ; 0]$$

$$\text{Souv} = 0 \text{ m}^2$$

$$Q_{vinf} = 0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$AINFs(t) = 0 \text{ w}$$

$$AINFL(t) = 0 \text{ w}$$

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	AINFs (w)	Hbe-Hbi	AINFL (w)
Logement	4	0	100	10	0	3.5	0

Tableau III.102: Apports infiltrations d'air

III.1.6.2.4. Apports internes

$$AI(t) = \sum_j (C_{sj} * A_{Isj} * NAI_j) + \sum_j (C_{sj} * A_{ILj})$$

Sejour	Asoc	Asm	Ase	Ais	AIL
Mur ouest	111.36	0	103.74	215.1	146

Tableau III.103 : Apports interne

- **Apport de chaleur par les occupants**

$$Asoc = C_{so} * A_{Iso} * NAI_o$$

$$A_{Loc} = C_{so} * A_{ILO}$$

$$\text{Avec: } A_{is} = 58 \text{ (W/personne)} \quad A_{IL} = 73 \text{ (W/personne)} \quad C_{so} = 0,5 \quad NAI_o = 0,95$$

$$Asoc = 4 * 0,5 * 58 * 0,95$$

$$Asoc = 111.36 \text{ w}$$

$$A_{Loc} = 4 * 73 * 0,5$$

$$A_{Loc} = 146 \text{ w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

LOCAL	Nbr occupants	Aiso (W/personne)	Cso	NAIo	Asoc (w)	AILoc totale (w)	Aloc (w)	Aoc totale
Logement	4	58	0.5	0.95	111.36	73	146	257.36

Tableau III.104: Apports par occupants

- **Apports dus aux machines et appareillages**

$$Al_L = 0w$$

$$Al_s = 0 w$$

- **Apports dus aux éclairages**

$$Ase = \Sigma (Cse * NAle * Wn * Cme * Ccr)$$

Lampes fluorescentes : $Wn = 16 \text{ W/m}^2$, $Cr = 1$, $Cme = 1,25$, $Cs = 0,7$, $NAle = 0,96$

$$Ase = 79.04 * 1,25 * 2 * 0,96 * 0,7$$

$$Ase = 103.74 w$$

Local	Wn (w)	Cme	Nalj	Ase (w)
Logement	79.04	1.25	0.96	103.74

Tableau III.105: Apports dus aux Eclairage

III.1.6.2.5. Les apports sensibles

$$As = APO + AV + AIs + AINFs$$

$$As = 250.7 w$$

Local	APO	AV	AIs	AINFs	As
Logement	35.57	0	215.1	0	250.7

Tableau III.106: Apports sensibles

III.1.6.2.6. Les apports latents

$$Al = 146 w$$

III.1.6.2.7. Les apports effectifs

$$AEs = (C_{Das} \times As) + (BF \times ARENs)$$

$$AEs = (1.05 \times 250.7) + (0.4 \times 320)$$

$$AEs = 391.2 w$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

Local	CPas	As	BF	ARENs	AEs
Logement	1.05	250.7	0.4	320	391.2

Tableau III.107: apports effectifs sensibles

$$AEI = (C_{Dal} \times AI) + (BF \times ARENI)$$

$$AE_L = (1.05 \times 146) + (0.4 \times 278.95)$$

$$AEI = 264.88 \text{ w}$$

Local	CPas	AI	BF	ARENI	AEI
Logement	1.05	942.5	0.4	278.95	264.88

Tableau III.108: apports effectifs sensibles

III.1.6.2.8. Les apports totaux

$$ATs = (C_{Das} \times As) + ARENs$$

$$ATs = 583.2 \text{ w}$$

III.1.6.2.9. Vérification réglementaire

- $APO(15 \text{ h}) + AV(15 \text{ h}) \leq 1,05 \times Aréf(15 \text{ h}) (W)$
- $Aréf = Aréf_{PH} + Aréf_{PV} + Aréf_{PVI} (W)$
- $Aréf_{réf,PV} = \Sigma (c \times Sint \times \Delta TS_{réf,PV})$

$$Aréf_{réf,PV} = \Sigma (1.4 \times 4.94 \times 9.86)$$

$$Aréf_{réf,PV} = 68.19 \text{ w}$$

- $A_{réf,PVI} = AVE_{réf} + AVT_{réf} \quad [W] \text{ (Partie III, § VIII.2.5)}$

$$A_{réf,PVI} = 0 \text{ w}$$

D'où:

$$Aréf = Aréf_{PH} + Aréf_{PV} + Aréf_{PVI}$$

$$Aréf = 68.19 \text{ w}$$

- $1,05 \times Aréf(15 \text{ h}) = 71.6 \text{ w}$
- $APO(15h) + AV(15h) = 35.59 \text{ w}$

$$D'où APO(15 \text{ h}) + AV(15 \text{ h}) \leq 1,05 \times Aréf(15 \text{ h})$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

Donc l'exigence réglementaire est vérifiée

III.1.6.3. Mur est :

III.1.6.3.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta t_{es}(t) + c\Delta t_e + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta T_{em}(t) - \Delta t_{es}(t)] \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40)}$$

$$DTe(t) = 7.2 - 0.1 + 0.6[-7.2] \times 1$$

$$DTe(t) = 2.78^\circ\text{C}$$

$$S_{int} = 11.96 \text{ m}^2$$

$$K_{été} = 1.45 \text{ W/}^\circ\text{m}^2$$

$$E_b = 9^\circ\text{C}$$

$$C\Delta t_e = -0,1^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{em}(15h) = 0^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{es}(15h) = 7.2^\circ\text{C}$$

$$I_{t,b} = 516 \text{ W/m}^2$$

$$I_{t,b}(40) = 516 \text{ W/m}^2$$

D'ou

$$APO(15h) = 1,2 \times 1.45 \times 11.96 \times 2.78$$

$$APO(15h) = 57.82 \text{ W}$$

III.1.6.3.2. Apports à travers les parois vitrées (AV (t))

$$AV(t) = 0 \text{ w}$$

III.1.6.3.3. Calcul des apports de chaleur par introduction d'air extérieur

$$ARENs(t) = 0,320 \times Q_{van} \times (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$AREnL(t) = 0,797 \times Q_{van} \times \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}); 0]$$

Pour un nombre d'occupants : N= 4 personnes,

$$Q_{van \text{ min}} = 25 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (Partie II, Tableau 7.4)}$$

$$ARENs(15h) = 0,320 \times (4 \times 25) \times (34 - 24)$$

$$ARENs(15h) = 320 \text{ w}$$

$$AREnL(t) = 0,797 \times 100 \times \text{Max} [(14.5 - 11); 0]$$

$$AREnL(t) = 278.95 \text{ w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvan (m ³ /h)	Tse-Tsbi	ARENS (w)	Hbe-Hbi	ARENL (w)
Logement	4	0	100	10	320	3.5	278.95

Tableau III.109 : apports par renouvellement d'air

- Apports dus aux infiltrations d'air**

$$AINFs(t) = 0,320 * Q_{vinf} * (T_{se}(t) - T_{sb,i})$$

$$AINFL(t) = 0,797 * Q_{vinf} * \text{Max} [(H_{sb,e} - H_{sb,i}) ; 0]$$

$$\text{Souv} = 0 \text{ m}^2$$

$$Q_{vinf} = 0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$AINFs(t) = 0$$

$$AINFL(t) = 0 \text{ w}$$

LOCAL	Nbr occupants	S en (m ²)	qvinf (m ³ /h)	Tse-Tsbi	AINFs (w)	Hbe-Hbi	AINFL (w)
Logement	4	0	0	10	0	3.5	0

Tableau III.110: Apports infiltrations d'air

III.1.6.3.4. Apports internes

$$AI(t) = \sum_j (C_{sj} * A_{Isj} * N_{AIj}) + \sum_j (C_{sj} * A_{ILj})$$

Sejour	Asoc	Asm	Ase	AIs	AIL
Mur est	111.36	285	124.05	520.41	146

Tableau III.111: Apports interne

- Apport de chaleur par les occupants**

$$A_{soc} = C_{so} * A_{Iso} * N_{AIo}$$

$$A_{loc} = C_{so} * A_{ILO}$$

$$\text{Avec: } A_{Is} = 58 \text{ (W/personne)} \quad A_{IL} = 73 \text{ (W/personne)} \quad C_{so} = 0,5 \quad N_{AIo} = 0,95$$

$$A_{soc} = 4 * 0,5 * 58 * 0,95$$

$$A_{soc} = 111.36 \text{ w}$$

$$A_{loc} = 4 * 73 * 0,5$$

$$A_{loc} = 146 \text{ w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

LOCAL	Nbr occupants	Aiso (W/personne)	Cso	NAIo	Asoc (w)	AILoc totale (w)	Aloc (w)	Aoc totale
Logement	4	58	0.5	0.95	111.36	73	146	257.36

Tableau III.112 : Apports par occupants

- Apports dus aux machines et appareillages**

$$A_{sm} = C_{sm} * A_{ism} * NAI_{im}$$

$$A_{lm} = C_{sm} * A_{l_{im}}$$

Machine : Ordinateur ($A_{ism} = 450W/\text{ordinateur}$ et $A_{ilm} = 0W/\text{ordinateur}$).

Télévision ($A_{ism} = 150W/\text{télévision}$ et $A_{ilm} = 0W/\text{télévision}$)

$$A_{L_L} = 0w$$

$$A_{L_S} = 285 w$$

LOCAL	Type	Nbr	As/app	Cs	Nai	Asm (w)	Alm(w)	Asm T (w)
Logement	Television	1	150	0.5	0.95	71.25	0	285
	Micro-ordinateur	1	450	0.5	0.95	213.8	0	

Tableau III.113: Apports dus aux machines et appareillages

- Apports dus aux éclairages**

$$A_{se} = \Sigma (C_{se} * NAI_e * W_n * C_{me} * C_{cr})$$

Lampes fluorescentes : $W_n = 16 W/m^2$, $Cr = 1$, $C_{me} = 1,25$, $C_s = 0,7$, $NAI_e = 0,96$

$$A_{se} = 191.36 * 1,25 * 1 * 0,96 * 0,7$$

$$A_{se} = 160.74 W$$

Local	Wn (w)	Cme	Nalj	Ase (w)
Logement	191.36	1.25	0.96	160.74

Tableau III.114 : Apports dus aux Eclairage

III.1.6.3.5. Les apports sensibles

$$A_s = APO + AV + AIs + AINFs$$

$$A_s = 578.23 w$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

Local	APO	AV	Ais	AINFs	As
Logement	57.85	0	520.41	0	578.23

Tableau III.115 : Apports sensibles

III.1.6.3.6. Les apports latents

$$Al = 146 \text{ w}$$

III.1.6.3.7 Les apports effectifs

$$AEs = (C_{Das} \times As) + (BF \times ARENs)$$

$$AEs = (1.05 \times 578.23) + (0,4 \times 320)$$

$$AEs = 735.15 \text{ w}$$

Local	CPas	As	BF	ARENs	AEs
Logement	1.05	578.23	0.4	320	735.15

Tableau III.116 : Apports effectifs sensibles

$$AEI = (C_{Dal} \times Al) + (BF \times ARENI)$$

$$AE_L = (1.05 \times 146) + (0.4 \times 278.95)$$

$$AEI = 264.88 \text{ w}$$

Local	CPas	Al	BF	ARENI	AEI
Logement	1.05	146	0.4	278.95	264.88

Tableau III.117 : Apports effectifs latents

III.1.6.3.8. Les apports totaux

$$ATs = (C_{Das} \times As) + ARENs$$

$$ATs = 927.15 \text{ w}$$

III.1.6.3.9. Vérification réglementaire

- $APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times Aréf (15 \text{ h}) (W)$
- $Aréf = Aréf_{PH} + Aréf_{PV} + Aréf_{PVI} (W)$
- $Aréf_{réf,PV} = \Sigma (c \times Sint \times \Delta TS_{réf,PV})$

$$Aréf_{réf,PV} = \Sigma (1.4 \times 11.96 \times 7.03)$$

$$Aréf_{réf,PV} = 117.71 \text{ w}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

- $A_{\text{réf, PVI}} = AVE_{\text{réf}} + AVT_{\text{réf}} \quad [w]$

$$A_{\text{réf, PVI}} = 0 \text{ w}$$

- $Aréf = Aréf_{,PH} + Aréf_{,PV} + Aréf_{,PVI}$

$$Aréf = 117.71 \text{ w}$$

$$1,05 \times Aréf (15 \text{ h}) = 123.6 \text{ w}$$

- $APO (15h) + AV (15h) = 57.85 \text{ w}$

$$D'où \quad APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times Aréf (15 \text{ h})$$

Donc l'exigence réglementaire est vérifiée,

III.1.7. Apports par le toit

piece	mur	APO	AV	Ais	AIL	Ainfs	AifL	As	Ats	Aref	Aref - (APO+AV)
toit		2748,626	0	0	0	0	0	2748,626	3206,057	1045,4	-1703,226

Tableau III.118 : recapitulatif des apports à travers le toit

III.1.7.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times K_{\text{été}} \times Sint \times \Delta t$$

$$\Delta t = 8.48 \text{ °C} \quad Sint = 71 \text{ m}^2. \quad K_{\text{été}} = 3.8 \text{ W/°m}^2$$

D'ou

$$APO (15h) = 1,2 * 3.8 * 71 * 8.48$$

$$APO (15h) = 2748.63 \text{ w}$$

III.1.7.2. Vérification réglementaire

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

- $Aréf = Aréf_{,PH} + Aréf_{,PV} + Aréf_{,PVI} (W)$

- $Aréf_{,PH} = \Sigma (a \times Sint \times \Delta TS_{\text{réf,PH}}) (W)$

$$a (Ph) = 1.1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \quad Sint = 71 \text{ m}^2 \quad \Delta TS_{\text{réf,PH}} = 13,39 \text{ °C}$$

$$Aréf_{,PH} = 1.1 * 71 * 13.39$$

$$Aréf_{,PH} = 1045. \text{ W}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

- $Aréf = Aréf_{PH} + Aréf_{PV} + Aréf_{PVI}$

$$Aréf = 1045.4$$

$$Aréf = 1045.4 \text{ W}$$

$$1,05 \times Aréf (15 \text{ h}) = 1097.6 \text{ w}$$

- $APO (15h) + AV (15h) = 3960.35 \text{ w}$

$$D'où \text{ } APO (15 \text{ h}) + AV (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times Aréf (15 \text{ h})$$

Donc l'exigence réglementaire est vérifiée,

piece	mur	APO	AV	Ais	AIL	Ainfs	AifL	As	Ats	Aref	Aref - (APO+AV)
chambre1	sud	86,54	188,69	482,11	146	77,95	67,95	835,29	1197,055	139,39	-135,84
	est	23,88	0	463	146	0	0	486,88	831,224	48,62	24,74
	ouest	66,456	0	520,41	146	0	0	586,866	936,2093	127,4	60,944
	total	176,876	188,69	1465,52	438	77,95	67,95	1909,036	2964,488	315,41	-50,156
chambre2	est	57,824	0	462,75	146	0	0	520,574	866,6027	117,71	59,886
	nord	27,29357	169,97	476,9	146	77,95	67,95	752,1136	1109,719	218,68	21,41643
	total	85,11757	169,97	939,65	292	77,95	67,95	1272,688	1976,322	336,39	81,30243
cuisine	nord	17,90713	233,68	2372,91	451	107,18	93,43	2731,677	3188,261	235,52	-16,06713
SDB	nord	34,7204	54,63	2269,68	1015,5	25,06	21,84	2384,09	2823,295	109,56	20,2096
	ouest	60,912	43,96	2303,44	942,5	11,6	10,13	2419,912	2860,908	145,03	40,158
	total	113,5395	332,27	6946,03	2409	143,84	125,4	7535,68	8872,464	254,59	44,30047
hall	ouest	39,312	0	258,12	146	0	0	297,432	632,3036	75,37	36,058
	sud	49,10609	114,24	250,36	146	122,49	106,78	536,1961	883,0059	250,1	86,75391
	total	88,41809	114,24	508,48	292	122,49	106,78	833,6281	1515,309	325,47	122,81191
sejour	sud	70,26783	265,67	466	146	97,44	67,95	899,3778	1264,347	255,8	-80,13783
	est	57,824	0	520,41	146	0	0	578,234	927,1457	117,71	59,886
	ouest	35,568	0	215,1	146	0	0	250,668	583,2014	68,19	32,622
	total	163,6598	265,67	1201,51	438	97,44	67,95	1728,28	2774,694	441,7	12,37017
toit		2748,626	0	0	0	0	0	2748,626	3206,057	1045,4	-1703,226
TOTAL		3394,144	1304,52	13434,1	1911	626,85	529,46	18759,61	24497,59	2954,48	-1508,66415

Tableau III.119 : tableau récapitulatif des apports thermique

III.1.8. Calcul des températures des différentes surface du mur

Le flux total traversant la paroi opaque du mur ouest de la chambre I est donné par les formules suivantes dans le cas de la conduction et la convection :

- **La convection :**

$$\phi = hS\Delta T$$

h : coefficient d'échange convectif en $w/m^2.\text{°k}$

S : surface du mur en m^2

ΔT : différence de température des bornes de la paroi en °k

- **La conduction :**

$$\phi = \lambda S\Delta T/e$$

λ : coefficient d'échange conductif en $w/m.\text{°k}$

e : épaisseur de la paroi en m

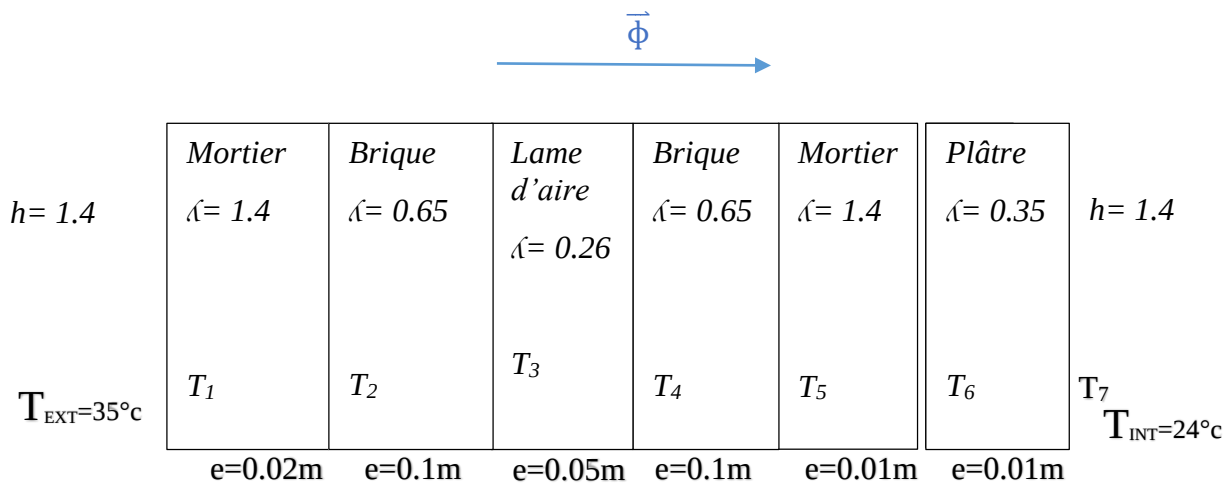


Figure III.1 : Evolution de la temperature a travers une paroi opaque

- **Calcul de T_1 :**

$$\phi = hS(T_{EXT} - T_1)$$

$$T_1 = T_{EXT} - \phi/h.S$$

$$T_1 = 34 - 86.54/9.09 \times 9.23$$

$$T_1 = 33^{\circ}C$$

• **Calcul de T₂ :**

$$\phi = hS(T_1 - T_2)$$

$$T_2 = T_1 - \phi / h.S$$

$$T_2 = 33 - 86.54 \times 2 / 1.4 \times 9.23 \times 100$$

$$T_2 = 32.5^\circ\text{C}$$

• **Calcul de T₃ :**

$$\phi = hS(T_2 - T_3)$$

$$T_3 = T_2 - \phi / h.S$$

$$T_3 = 32.5 - 86.54 \times 0.1 / 0.65 \times 9.23$$

$$T_3 = 31^\circ\text{C}$$

• **Calcul de T₄ :**

$$\phi = hS(T_3 - T_4)$$

$$T_4 = T_3 - \phi / h.S$$

$$T_4 = 31 - 86.54 \times 0.05 / 0.26 \times 9.23$$

$$T_4 = 28^\circ\text{C}$$

• **Calcul de T₅ :**

$$\phi = hS(T_4 - T_5)$$

$$T_5 = T_4 - \phi / h.S$$

$$T_5 = 28 - 86.54 \times 0.1 / 0.65 \times 9.23$$

$$T_5 = 26.3^\circ\text{C}$$

• **Calcul de T₆ :**

$$\phi = hS(T_5 - T_6)$$

$$T_6 = T_5 - \phi / h.S$$

$$T_6 = 26.3 - 86.54 \times 0.01 / 1.4 \times 9.23$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

$$T_6=25.7^{\circ}\text{c}$$

- **Calcul de T₇:**

$$\phi = hS(T_6 - T_7)$$

$$T_7 = T_6 - \phi / h.S$$

$$T_7 = 25.7 - 86.54 \times 0.01 / 0.35 \times 9.23$$

$$T_7 = 24.5^{\circ}\text{c}$$

piece	mur	Ds	Dli	Dsol	Dinc	DT	Qs	Qv	Dr	Di
chambre1	ouest	214,14	685,24	99,4	0	998,78	0	87,5	476	1474,78
sud	Sud	148,02	473,65	86,8	0	708,47	18,21	87,5	575,0624	1283,5324
est	Est	114,61	366,75	53,2	0	534,55	0	87,5	476	1010,55
chambre 2	nord	138,97	444,7	82,6	0	666,27	18,21	87,5	575,07	1241,33
est	Est	277,47	887,91	128,8	0	1294,18	0	87,5	476	1770,18
sejour	Sud	120,18	384,56	78,4	0	583,14	22,76	87,5	599,84	1182,98
est	Est	277,47	887,91	128,8	0	1294,18	0	87,5	476	1770,18
ouest	ouest	114,61	366,75	53,2	0	534,55	0	87,5	476	1010,55
cuisine	nord	91,18	291,76	67,2	0	450,14	37,56	87,5	680,33	1130,47
SDB	ouest	196,27	628,07	65,8	0	890,14	2,71	87,5	490,74	1380,88
nord	nord	176,78	565,71	87,92	0	830,41	5,85	87,5	507,84	1338,26
hall	ouest	126,67	405,35	58,8	0	590,82	0	87,5	476	1066,82
sud	Sud	83,98	268,75	61,6	0	414,33	42,93	87,5	709,52	1123,85
toit		4027,11336	0	0	0	4027,11336	0	0	0	4027,11336
total		6107,46336	6657,11	1052,52	0	13817,0734	148,23	1137,5	6994,4024	20811,4758

Tableau III.120: recapitulatif des deperdition thermique

III.2. Les déperditions totales d'un logement

$$D = \sum D_i$$

$$D = 16784.36 \text{ w}$$

III.2.1.Chambre I

III.2.1.1. mur sud

$$\Delta T = T_{i,b} - T_{e,b} = 16^{\circ}\text{C}$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

$$T_{i,b} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad T_{e,b} = 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

III.2.1.1.1. Déperditions totales d'un volume

$$Di = (DT)i + (DR)i$$

$$Di = 1283.53 \text{ w}$$

III.2.1.1.2. Calcul de (DT)i

$$(DT)i = (Ds)i + (Dli)i + (Dsol)i + (Dinc)i$$

$$(DT)i = 708.47 \text{ w}$$

III.2.1.1.3. Calcul des déperditions surfaciques

$$Ds = K \times S \times \Delta T$$

$$Ds = 214.14 \text{ w}$$

$$\text{Avec:} \quad K = 1.45 \text{ w/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad S = 6.38 \text{ m}^2$$

III.2.1.1.4. Calcul des déperditions par les ponts thermique

$$D_{LI} = 0.2 \times Ds \times \Delta T$$

$$D_{LI} = 473.65 \text{ w}$$

III.2.1.1.5. Calcul déperdition par le sol $Dsol$

$$D_{SOL} = K_S \times P \times \Delta T$$

$$D_{SOL} = 86.8 \text{ w}$$

III.2.1.1.6. Calcul de $dinc$:

$$Dinc = 0 \text{ w/}^{\circ}\text{C} \quad \S\S \text{ PAS DE CONTACT AVEC UN LOCAL VOISIN } \S\S$$

III.2.1.1.7. Calcul de $(DR)i$

$$D_R = 0.34(Q_S + Q_V) \times \Delta T$$

$$D_R = 575.07 \text{ w}$$

$$\triangleright Q_S = \sum (P_{PI} \times e_{vi})$$

$$\triangleright P_{PI} = \sum (P_{OJ} + A_{Ji})$$

$$P_{PI} = 6.72 \text{ w/}^{\circ}\text{C}$$

$$Q_S = 18.21 \text{ w/}^{\circ}\text{C}$$

$$Q_V = (5 Q_{V_{MIN}} + Q_{V_{MAX}})/6$$

CHAPITRE III : CALCUL DES APPORTS ET DEPERDITIONS THERMIQUE

$$Q_v = 87.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

III.2.1.1.8. Déperditions par le toit

$$D_{\text{toit}} = K \times S \times \Delta T$$

$$D_{\text{toit}} = 4321.74 \text{ w}$$

III.3. Conclusion

D'après les deux bilans thermiques effectués, le flux de chaleurs a evacuer pendant la periode estivale est de 24497 watt et assurer un flux de chaleur de 13817 watt pendant la periode hivernale.

IV.1. Le stockage thermique**IV.1.1. Définition**

Le stockage d'énergie est une solution très adaptée aux systèmes de froid et de climatisation. Mais le stockage par chaleur sensible est souvent inopérant du fait de la nécessité de forts écarts en températures. Actuellement, le stockage d'énergie par chaleur latente apporte une solution efficace aux investisseurs soucieux d'optimiser leur équipement : il permet une réelle gestion de l'énergie et donc d'utiliser des énergies au moment où elles sont les plus disponible.

Les Matériaux à Changement de Phase, appelés communément « MCP », sont des matériaux intelligents qui reposent sur l'application d'un principe physique simple : ils se liquéfient en absorbant de l'énergie à partir d'une certaine température caractéristique pour chaque type de matériau (en général fixée par leur formulation) et restituent cette énergie lorsque la température de leur environnement est inférieure à celle-ci.

Les matériaux à changement de phase ont pour particularité de pouvoir stocker de l'énergie sous forme de chaleur latente ; la chaleur étant absorbée ou restituée lors du passage de l'état solide à l'état liquide et vice versa. L'énergie est alors stockée sous forme d'un changement d'état du matériau de stockage et dépend de la chaleur latente et de la quantité du matériau de stockage.

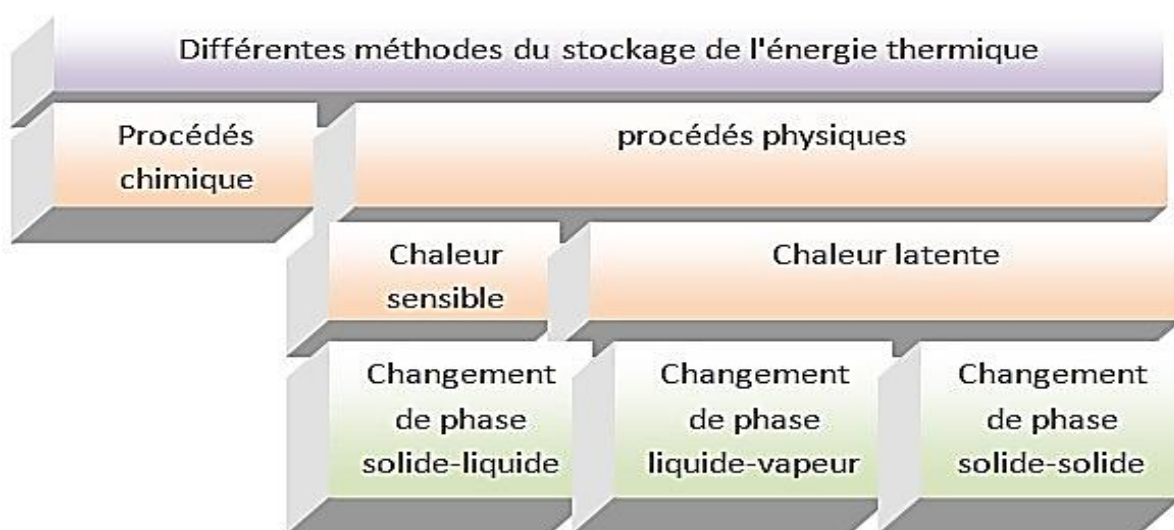


Figure IV.1 : Différentes méthodes possible du stockage de l'énergie thermique

IV.1.2. Le stockage d'énergie par chaleur latente

Dans le stockage par chaleur latente, l'énergie est emmagasinée grâce au changement d'état d'un matériau de stockage. La chaleur latente est la quantité de chaleur absorbée ou restituée par un matériau lors de son changement de phase, à température et pression constantes. Elle s'exprime ainsi :

$$Q_{\text{latente}} = mL_s$$

Avec m , la masse du matériau de stockage (kg).

L_s la chaleur massique de changement d'état du matériau (J.kg^{-1}).

Dans le stockage par chaleur latente, l'énergie est stockée sous la forme d'un changement d'état du matériau de stockage (fusion ou solidification). L'énergie stockée dépend alors de la chaleur latente et de la quantité du matériau de stockage qui change d'état. La capacité du stockage de systèmes du stockage de la chaleur latente est influencée. Le stockage par chaleur latente permet de stocker de plus grandes quantités d'énergie avec des masses et des volumes réduits.

IV.1.3. Les avantages du stockage par chaleur latente

Par rapport au stockage par chaleur sensible, les principaux avantages du stockage par chaleur latente peuvent être résumés ainsi :

- La chaleur latente est beaucoup plus importante que la chaleur sensible (pour un écart de température pas trop important).
- Les matériaux utilisés, dans la gamme des températures de confort en thermique du bâtiment (20 à 30°C), peuvent stocker de 5 à 14 fois plus de chaleur que les matériaux de stockage à chaleur sensible.
- Quand la décharge d'énergie thermique a lieu, la température de la surface de MCP reste proche de la valeur de la température de changement d'état. On a donc un contrôle passif de la température de la surface. La quantité d'énergie de la décharge ne dépend donc que de la température de l'environnement.

- Le stockage par chaleur latente ne pose pas de problème de surchauffe saisonnière grâce à sa faible masse.

IV.1.4. Les différents changements d'état

Parmi les techniques de stockage de la chaleur thermique, le stockage d'énergie thermique sous forme de chaleur latente admet particulièrement une haute capacité de stockage de l'énergie et ses caractéristiques à une température constante qui correspond à la phase de transition (température de matière du changement de la phase (PCM)). Le changement de phase peut être dans la forme suivante:

- Solide- solide,
- Solide-liquide,
- Solide-gaz,

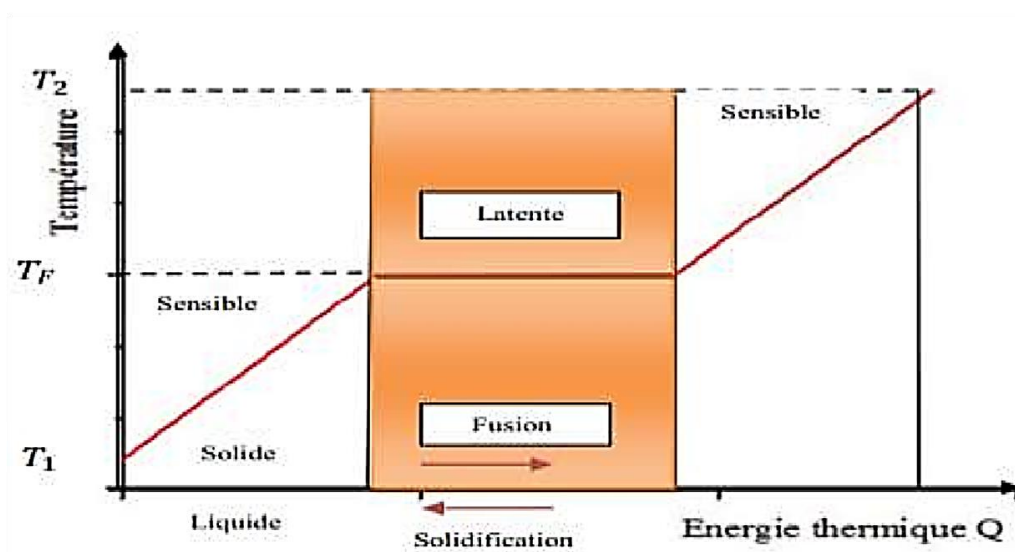


Figure IV.2 : Les différents changements d'état

IV.1.5. Types des matériaux à changement de phase (MCP)

La figure ci-dessus montre les différents types des matériaux a changement de phase

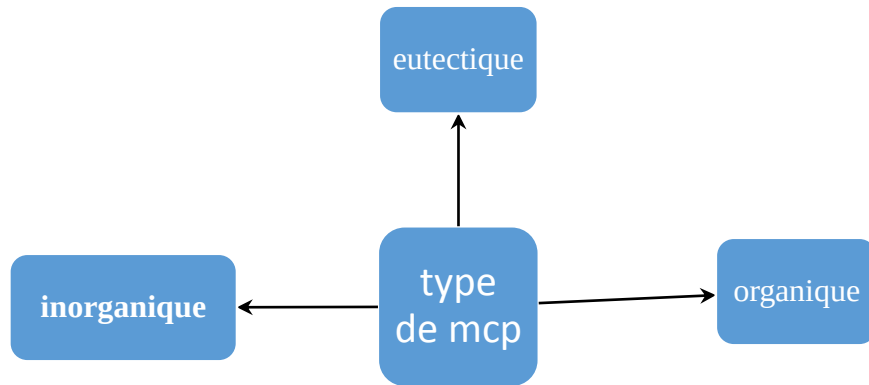


Figure IV.3 : les types de MCP

IV.1.6. Comparaison entre les différents types de MCP

Plusieurs auteurs ont présenté une comparaison des avantages et désavantages des matériaux organiques, inorganiques et eutectiques

IV.1.7. Avantages désavantage

Organiques

- Disponibles dans une large gamme de température
- Pas de surfusion
- Chimiquement stables
- Haute énergie de fusion
- Non corrosifs
- Simple d'utilisation
- Chaleur latente élevée
- Faible coût
- Point de fusion net

Inorganiques

- non- inflammable
- Corrosifs
- Forte conductivité thermique métaux
- Chaleur spécifique massique
- Vieillessement rapide élevée

Eutectiques

- Point de fusion net Similaire à une substance pure
- Chaleur latente légèrement supérieures à celle des composés organiques purs
- Peu de données disponibles sur les propriétés de ces matériaux
- Peu utilisés au niveau des applications industrielles

IV.2. Le matériau a changement de phase (paraffine)

IV.2.1. Définition

Le matériau à changement de phase en question est un mélange ternaire de paraffine à 60% micro-encapsulés dans un polymère à base d'éthylène. Le mélange de paraffine permet d'obtenir un changement de phase autour de 21°C. Comme le matériau n'est pas pur, ce changement de phase s'étale sur une plage de température et il n'est possible de parler d'une température de fusion précise

IV.2.2. Description

Le produit se présente comme des plaques de 1.2m*1.2m avec une épaisseur 0.005m, chaque face est recouverte d'une feuille d'aluminium pour des raisons de tenue en feu dans le cadre de la réglementation pour une utilisation en bâtiment et dans une moindre mesure pour limiter toute fuite de paraffine liquide.

IV.2.3. Les Avantages des Microcapsules

- Une large gamme de températures de fusion des températures de fusion allant de 10°C à 80°C.

D'autres matériaux à changement de phase (personnalisation de la plage de changement d'état) peuvent être micro encapsulés sur demande.

- Une forte chaleur latente

Nous avons choisi le matériau à changement de phase de type paraffine de la famille organique qui présente des phases internes à forte chaleur latente.

Les microcapsules offrent une performance thermique élevée et une facilité d'intégration dans d'autres produits.

IV.2.4. Caractéristique

Les caractéristiques des différents matériaux ont été données dans le tableau suivant :

Produit	ρ en (kg/m ³)	λ en (W/m ² .°K)	Capacité de stockage (J/g)	Capacité de stockage (w)	Température de fusion
MCP	908	0.2	72	20	22.9
Inertek 23	-	-	220	61.11	23-27
eau	1000	-	333.6	92.6	0
Eutectique	-	-	136	37.77	30

Tableau IV.1 : caractéristiques du MCP

IV.2.5. calcul de la masse du MCP

$$m = \rho \times V$$

Avec :

m : masse de MCP en kg

ρ : masse volumique en kg/m³

V : volume du MCP en m³

Coefficient global de transmission « K »

$$1/K = \sum R + 1/h_i + 1/h_e$$

Calcul des résistances thermiques

- mortier e = 0,02 m et $\lambda = 1,4$ W/m. °C

$$R = e / \lambda = 0,02 / 1,4 = \mathbf{0,014 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}}$$

- Brique e = 0,1 m et $\lambda = 0,65$ W/m.°C

$$R = e / \lambda = 0,1 / 0,65 = \mathbf{0,15 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}}$$

- mcp e = 0,005 m $\lambda = 0,2$ W/m.°C

$$R = e / \lambda = 0,005 / 0,2 = \mathbf{0,025 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}}$$

- Brique $e = 0,1 \text{ m}$ et $\lambda = 0,65 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$

$$R = e / \lambda = 0,1 / 0,65 = \mathbf{0,15 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}}$$

- mortier $e = 0,01 \text{ m}$ et $\lambda = 1,4 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$

$$R = e / \lambda = 0,01 / 1,4 = \mathbf{0,007 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}}$$

- Plâtre $e = 0,01 \text{ m}$ et $\lambda = 0,35 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$

$$R = e / \lambda = 0,01 / 0,35 = \mathbf{0,03 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}}$$

Résistance superficielle

$$1/h_e + 1/h_i = 0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$$

$$1/K = [(0,014 + 0,15 + 0,025 + 0,15 + 0,007 + 0,03) + 0,14] = \mathbf{0,525 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}}$$

$$K = \mathbf{1,91 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

IV.3. Calcul des apports

IV.3.1. Chambre I

Chambre I	Mur	APO	APT	AI _{SINF}	AI _{LINF}	A _{TOTAL}	ϕ_{abs}	A _{TRAVER}
	Sud	114.92	5.75	77.95	67.95	266.56	234.6	31.94
	Est	31	1.55	0	0	32.55	29.07	3.48
	Ouest	86.19	4.31	0	0	90.5	81.13	9.37

Tableau : IV.2. Récapitulatif des apports thermiques

IV.3.1.1. Mur Sud

IV.3.1.1.1 Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times K_{\text{été}} \times S_{\text{int}} \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta t_{\text{es}}(t) + c \Delta t_e + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta T_{\text{em}}(t) - \Delta t_{\text{es}}(t)] \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40)}$$

$$DTe(t) = 13,9 - 0,1 + 0,6[-13,9] \times 0,72$$

$$DTe(t) = \mathbf{7,8^\circ\text{C}}$$

$$S_{\text{int}} = \mathbf{6,38 \text{ m}^2}$$

$$K_{\text{été}} = \mathbf{1,92 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$c \Delta t_e = \mathbf{-0,1^\circ\text{C}}$$

$$\Delta_{tem} (15h) = 0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \Delta_{tes} (15h) = 13.9^{\circ}\text{C}. \quad I_{t,b} = 155.5 \text{ W/m}^2 \quad I_{t,b}(40) = 217 \text{ W/m}^2$$

D'ou

$$APO (15h) = 1.2 * 1.92 * 6.38 * 7.8$$

$$APO (15h) = 114.92 \text{ W}$$

IV.3.1.1.2. Apport par les ponts thermiques

$$APT = 0.05 \times APO$$

$$APT = 5.75 \text{ w}$$

IV.3.1.1.3. Apport total

$$A_{TOTAL} = APO + APT + A_{S INF} + A_{L INF}$$

$$A_{TOTAL} = 266.56 \text{ w}$$

IV.3.1.1.4. Apport absorbé par le mcp

$$A_{abs} = m \times L_V$$

$$A_{abs} = 234.62 \text{ w}$$

IV.3.1.1.5. Apport traversant le mur

$$A_{TRAVER} = A_{TOTAL} - A_{abs}$$

$$A_{TRAVER} = 31.94 \text{ w}$$

IV.3.1.2. Mur est

IV.3.1.2.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta_{tes}(t) + c\Delta_{te} + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta_{Tem}(t) - \Delta_{tes}(t)] \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40)}$$

$$DTe(t) = 7.2 - 0.1 + 0.6[-7.2] \times 1$$

$$DTe(t) = 2.78^{\circ}\text{C}$$

$$S_{int} = 4.94 \text{ m}^2. \quad K_{été} = 1.88 \text{ W/}^{\circ}\text{m}^2\text{Eb} = 9 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad C\Delta_{te} = - 0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta_{tem} (15h) = 0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \Delta_{tes} (15h) = 7.2^{\circ}\text{C}. \quad I_{t,b} = 516 \text{ W/m}^2 \quad I_{t,b}(40) = 516 \text{ W/m}^2$$

D'ou

$$APO (15h) = 1.2 * 1.88 * 4.94 * 2.78$$

$$APO(15h) = 31 \text{ w}$$

IV.3.1.2.2. Apport par les ponts thermiques

$$APT = 0.05 \times APO$$

$$APT = 1.55 \text{ w}$$

IV.3.1.2.3. Apport total

$$A_{TOTAL} = APO + APT + A_{S\ INF} + A_{L\ INF}$$

$$A_{TOTAL} = 32.55 \text{ w}$$

IV.3.1.2.4. Apport absorbé par le mcp

$$A_{abs} = m \times L_V$$

$$A_{abs} = 29.07 \text{ w}$$

IV.3.1.2.5. Apport traversant le mur

$$A_{TRAVER} = A_{TOTAL} - A_{abs}$$

$$A_{TRAVER} = 3.48 \text{ w}$$

IV.3.1.3. Mur ouest**IV.3.1.3.1. Apports à travers les parois opaques**

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times DTe(t)$$

$$DTe(t) = \Delta t_{es}(t) + c\Delta t_e + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta T_{em}(t) - \Delta t_{es}(t)] \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40)}$$

$$DTe(t) = 10.6 - 0.1 + 0.6[-10.6] \times 1$$

$$DTe(t) = 4.14^\circ\text{C}$$

$$S_{int} = 9.23 \text{ m}^2. \quad K_{été} = 1.88 \text{ W}/^\circ\text{m}^2\text{Eb} = 9^\circ\text{C} \quad C\Delta t_e = -0,1^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{em}(15h) = 0^\circ\text{C} \quad \Delta t_{es}(15h) = 10.6^\circ\text{C}. \quad I_{t,b} = 516 \text{ W}/\text{m}^2 \quad I_{t,b}(40) = 516 \text{ W}/\text{m}^2$$

D'ou

$$APO(15h) = 1.2 * 1.88 * 9.23 * 4.14$$

$$APO(15h) = 86.19 \text{ w}$$

IV.3.1.3.2. Apport par les ponts thermiques

$$APT = 0.05 \times APO$$

$$APT = 4.31 \text{ w}$$

IV.3.1.3.3. Apport total

$$A_{TOTAL} = APO + APT + A_{S\ INF} + A_{L\ INF}$$

$$A_{TOTAL} = 90.5 \text{ w}$$

IV.3.1.3.4. Apport absorbé par le mcp

$$A_{abs} = m \times L_V$$

$$A_{abs} = 81.13 \text{ w}$$

IV.3.1.3.5. Apport traversant le mur

$$A_{TRAVER} = A_{TOTAL} - A_{abs}$$

$$A_{TRAVER} = 9.37 \text{ w}$$

IV.3.2. Chambre II

Chambre II	Mur	APO	APT	A _{SINF}	A _{LINF}	A _{TOTAL}	Φ _{abs}	A _{TRAVER}
	Nord	104.86	5.24	77.95	67.95	256.01	220.28	35.73
	Est	35.26	1.76	0	0	182.92	174.05	8.88

Tableau IV.3 : récapitulatif des apports thermiques

IV.3.2.1. Mur est

IV.3.2.1.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times Sint \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta tes(t) + c\Delta te + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta Tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{It,b}{It,b(40)}$$

$$DTe(t) = 7.2 - 0.1 + 0.6[-7.2] \times 1$$

$$DTe(t) = 2.78^\circ\text{C}$$

$$S_{int} = 11.96 \text{ m}^2. \quad K_{été} = 1.88 \text{ W}/^\circ\text{m}^2\text{Eb} = 9^\circ\text{C} \quad C\Delta te = -0,1^\circ\text{C}$$

$$\Delta tem(15h) = 0^\circ\text{C} \quad \Delta tes(15h) = 7.2^\circ\text{C}. \quad It,b = 516 \text{ W}/\text{m}^2 \quad It,b(40) = 516 \text{ W}/\text{m}^2$$

D'ou

$$APO(15h) = 1,2 * 1.88 * 4.94 * 2.78$$

$$APO(15h) = 75.06 \text{ W}$$

IV.3.2.1.2. Apport par les ponts thermiques

$$APT = 0.05 \times APO$$

$$APT = 3.75 \text{ w}$$

IV.3.2.1.3. Apport total

$$A_{TOTAL} = APO + APT + A_{S \text{ INF}} + A_{L \text{ INF}}$$

$$A_{TOTAL} = 78.81 \text{ w}$$

IV.3.2.1.4. Apport absorbé par le mcp

$$A_{abs} = m \times L_V$$

$$A_{abs} = 70.37 \text{ w}$$

IV.3.2.1.5. Apport traversant le mur

$$A_{TRAVER} = A_{TOTAL} - A_{abs}$$

$$A_{TRAVER} = 8.44 \text{ w}$$

IV.3.2.2. Mur nord :

IV.3.2.2.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta t_{es}(t) + c \Delta t_e + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta T_{em}(t) - \Delta t_{es}(t)] \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40)}$$

$$DTe(t) = 0 - 0.1 + 0.6[4.4] \times 1.03$$

$$DTe(t) = 2.62^\circ\text{C}$$

$$S_{int} = 5.99 \text{ m}^2 \quad .K_{été} = 1.87 \text{ W}/^\circ\text{m}^2 \quad E_b = 9^\circ\text{C} \quad C \Delta t_e = -0,1^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{em}(15h) = 4.4^\circ\text{C} \quad \Delta t_{es}(15h) = 0^\circ\text{C}. \quad I_{t,b} = 48.5 \text{ W}/\text{m}^2 \quad I_{t,b}(40) = 47 \text{ W}/\text{m}^2$$

D'ou

$$APO(15h) = 1,2 * 1.87 * 5.99 * 2.62$$

$$APO(15h) = 35.26 \text{ w}$$

IV.3.2.2.2. Apport par les ponts thermiques

$$APT = 0.05 \times APO$$

$$APT = 1.76 \text{ w}$$

IV.3.2.2.3. Apport total

$$A_{TOTAL} = APO + APT + A_{S\ INF} + A_{L\ INF}$$

$$A_{TOTAL} = 182.92 \text{ w}$$

IV.3.2.2.4. Apport absorbé par le mcp

$$A_{abs} = m \times L_V$$

$$A_{abs} = 174.05 \text{ w}$$

IV.3.2.2.5. Apport traversant le mur

$$A_{TRAVER} = A_{TOTAL} - A_{abs}$$

$$A_{TRAVER} = 8.88 \text{ w}$$

IV.3.3.Cuisine

Cuisine	Mur	APO	APT	A _{SINF}	A _{LINF}	A _{TOTAL}	ϕ_{abs}	A _{TRAVER}
	Nord	23.06	1.15	107.2	93.4	224.81	215.89	8.92

Tableau IV.4 : récapitulatif des apports thermiques (CUISNE)

IV.3.3.1.Mur nord

IV.3.3.1.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times Sint \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta tes(t) + c\Delta te + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta Tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{It,b}{It,b(40)}$$

$$DTe(t) = 0 - 0.1 + 0.6[4.4] \times 1.03$$

$$DTe(t) = 2.62^\circ\text{C}$$

$$S_{int} = 3.93 \text{ m}^2 \quad .K_{été} = 1.87 \text{ W}/^\circ\text{m}^2 \quad E_b = 9^\circ\text{C} \quad C\Delta te = -0,1^\circ\text{C}$$

$$\Delta tem(15h) = 4.4^\circ\text{C} \quad \Delta tes(15h) = 0^\circ\text{C}. \quad I_{t,b} = 48.5 \text{ W}/\text{m}^2 \quad I_{t,b}(40) = 47 \text{ W}/\text{m}^2$$

$$APO(15h) = 1,2 * 1.87 * 3.93 * 2.62$$

$$APO(15h) = 23.06 \text{ w}$$

IV.3.3.1.2. Apport par les ponts thermiques

$$A_{PT} = 0.05 \times A_{PO}$$

$$A_{PT} = 1.15 \text{ w}$$

IV.3.3.1.3. Apport total

$$A_{TOTAL} = A_{PO} + A_{PT} + A_{S\ INF} + A_{L\ INF}$$

$$A_{TOTAL} = 224.81 \text{ w}$$

IV.3.3.1.4. Apport absorbé par le mcp

$$A_{abs} = m \times L_V$$

$$A_{abs} = 215.89 \text{ w}$$

IV.3.3.1.5. Apport traversant le mur

$$A_{TRAVER} = A_{TOTAL} - A_{abs}$$

$$A_{TRAVER} = 8.92 \text{ w}$$

IV.3.4. Salle de bain

SDB	Mur	APO	APT	AI _{SINF}	AI _{LINF}	A _{TOTAL}	ϕ_{abs}	A _{TRAVER}
	Nord	45	2.25	25.06	21.84	94.15	86.49	7.67
	Ouest	78.95	3.95	11.6	10.13	104.63	96.02	8.61

Tableau IV.5 : récapitulatif des apports thermiques (SDB)**IV.3.4.1. Mur nord :****IV.3.4.1.1. Apports à travers les parois opaques**

$$A_{PO}(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times DTE(t)$$

1.2 : Calcul de la Différence équivalente de température Dte (t) :

$$DTe(t) = \Delta t_{es}(t) + c \Delta t_e + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta T_{em}(t) - \Delta t_{es}(t)] \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40)}$$

$$DTe(t) = 0 - 0.1 + 0.6[4.4] \times 1.03$$

$$DTe(t) = 2.62^\circ\text{C}$$

$$S_{int} = 7.62 \text{ m}^2$$

$$K_{été} = 1.88 \text{ W}/^\circ\text{m}^2$$

$$E_b = 9^\circ\text{C}$$

$$C \Delta t_e = - 0,1^\circ\text{C}$$

$$\Delta_{tem} (15h) = 4.4 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \Delta_{tes} (15h) = 0^{\circ}\text{C}.$$

$$I_{t,b} = 48.5 \text{ W/m}^2$$

$$I_{t,b}(40) = 47$$

$$\text{W/m}^2$$

D'ou

$$APO (15h) = 1,2 * 1.88 * 7.62 * 2.62$$

$$APO (15h) = 45 \text{ w}$$

IV.3.4.1.2. Apport par les ponts thermiques

$$APT = 0.05 \times APO$$

$$APT = 2.25 \text{ w}$$

IV.3.4.1.3. Apport total

$$A_{TOTAL} = APO + APT + A_{S\ INF} + A_{L\ INF}$$

$$A_{TOTAL} = 94.15 \text{ w}$$

IV.3.4.1.4. Apport absorbé par le mcp

$$A_{abs} = m \times L_V$$

$$A_{abs} = 86.49 \text{ w}$$

IV.3.4.1.5. Apport traversant le mur

$$A_{TRAVER} = A_{TOTAL} - A_{abs}$$

$$A_{TRAVER} = 7.67 \text{ w}$$

IV.3.4.2. Mur ouest

IV.3.4.2.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta_{tes}(t) + c\Delta_{te} + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta_{Tem}(t) - \Delta_{tes}(t)] \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40)}$$

$$DTe(t) = 10.6 - 0.1 + 0.6[-10.6] \times 1$$

$$DTe(t) = 4.14^{\circ}\text{C}$$

$$S_{int} = 8.46 \text{ m}^2.$$

$$K_{été} = 1.88 \text{ W/}^{\circ}\text{m}^2$$

$$E_b = 9^{\circ}\text{C}$$

$$C\Delta_{te} = -0.1^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta_{tem} (15h) = 0^{\circ}\text{C} \quad \Delta_{tes} (15h) = 10.6^{\circ}\text{C}.$$

$$I_{t,b} = 516 \text{ W/m}^2$$

$$I_{t,b}(40) = 516 \text{ W/m}^2$$

D'ou

$$APO(15h) = 1,2 * 1.88 * 8.46 * 4.14$$

$$APO(15h) = 78.95 \text{ w}$$

IV.3.4.2.2. Apport par les ponts thermiques

$$APT = 0.05 \times APO$$

$$APT = 3.95 \text{ w}$$

IV.3.4.2.3. Apport total

$$A_{TOTAL} = APO + APT + A_{SINF} + A_{LINF}$$

$$A_{TOTAL} = 104.63 \text{ w}$$

IV.3.4.2.4. Apport absorbé par le mcp

$$A_{abs} = m \times L_V$$

$$A_{abs} = 96.02 \text{ w}$$

IV.3.4.2.5. Apport traversant le mur

$$A_{TRAVER} = A_{TOTAL} - A_{abs}$$

$$A_{TRAVER} = 8.61 \text{ w}$$

IV.3.5. Hall

Chambre	Mur	APO	APT	AI _{SINF}	AI _{LINF}	A _{TOTAL}	Φ_{abs}	A _{TRAVER}
I	Sud	160.72	8.04	97.44	67.95	334.15	322.12	12.02
	Ouest	51	2.55	0	0	53.54	48	5.55

Tableau IV.6 : récapitulatif des apports thermiques (hall)

IV.3.5.1. Mur Ouest

IV.3.5.1.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times Sint \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta tes(t) + c\Delta te + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta Tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{It,b}{It,b(40)}$$

$$DTe(t) = 10.6 - 0.1 + 0.6[-10.6] \times 1$$

$$DTe(t) = 4.14^\circ\text{C}$$

$$S_{int} = 5.46 \text{ m}^2$$

$$K_{été} = 1.88 \text{ W}/^\circ\text{m}^2$$

$$E_b = 9^\circ\text{C}$$

$$C\Delta te = -0,1^\circ\text{C}$$

$$\Delta_{tem} (15h) = 0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \Delta_{tes} (15h) = 10.6^{\circ}\text{C}. \quad I_{t,b} = 516 \text{ W/m}^2 \quad I_{t,b}(40) = 516 \text{ W/m}^2$$

D'ou

$$APO (15h) = 1,2 * 1.88 * 5.46 * 4.14$$

$$APO (15h) = 50.99 \text{ w}$$

IV.3.5.1.2. Apport par les ponts thermiques

$$APT = 0.05 \times APO$$

$$APT = 2.55 \text{ w}$$

IV.3.5.1.3. Apport total

$$A_{TOTAL} = APO + APT + A_{S INF} + A_{L INF}$$

$$A_{TOTAL} = 53.54 \text{ w}$$

IV.3.5.1.4. Apport absorbé par le mcp

$$A_{abs} = m \times L_V$$

$$A_{abs} = 48 \text{ w}$$

IV.3.5.1.5. Apport traversant le mur

$$A_{TRAVER} = A_{TOTAL} - A_{abs}$$

$$A_{TRAVER} = 5.55 \text{ w}$$

IV.3.5.2. Mur Sud

IV.3.5.2.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta_{tes}(t) + c\Delta_{te} + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta_{Tem}(t) - \Delta_{tes}(t)] \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40)}$$

$$DTe(t) = 13.9 - 0.1 + 0.6[-13.9] \times 0.72$$

$$DTe(t) = 7.8$$

$$S_{int} = 3.62 \text{ m}^2$$

$$K_{été} = 1.91 \text{ W/}^{\circ}\text{m}^2$$

$$E_b = 9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$C\Delta_{te} = -0.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta_{tem} (15h) = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta_{tes} (15h) = 13.9^{\circ}\text{C}.$$

$$I_{t,b} = 155.5 \text{ W/m}^2$$

$$I_{t,b}(40) = 217 \text{ W/m}^2$$

D'ou

$$APO (15h) = 1,2 * 1.86 * 3.62 * 7.8$$

$$APO(15h) = 160.72 \text{ W}$$

IV.3.5.2.2. Apport par les ponts thermiques

$$APT = 0.05 \times APO$$

$$APT = 8.04 \text{ w}$$

IV.3.5.2.3. Apport total

$$A_{TOTAL} = APO + APT + A_{S\ INF} + A_{L\ INF}$$

$$A_{TOTAL} = 334.15 \text{ w}$$

IV.3.5.2.4. Apport absorbé par le mcp

$$A_{abs} = m \times L_V$$

$$A_{abs} = 322.12 \text{ w}$$

IV.3.5.2.5. Apport traversant le mur

$$A_{TRAVER} = A_{TOTAL} - A_{abs}$$

$$A_{TRAVER} = 12.02 \text{ w}$$

IV.3.6. Séjour

les apports dans le séjour sont donnés par le tableau récapitulatif suivant

Séjour	Mur	APO	APT	AI _{SINF}	AI _{LINF}	A _{TOTAL}	ϕ_{abs}	A _{TRAVER}
	Sud	90.59	4.53	97.44	67.95	260.51	235.17	25.33
	Est	75.06	3.75	0	0	78.82	70.37	8.44
	Ouest	46.13	2.31	0	0	48.44	43.42	5.02

Tableau IV.7 : récapitulatif des apports thermiques (hall)

IV.3.6.1. Mur Sud

IV.3.6.1.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times Sint \times DTE(t)$$

$$\bullet \quad DTe(t) = \Delta tes(t) + c\Delta te + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta Tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{It,b}{It,b(40)}$$

$$DTe(t) = 13.9 - 0.1 + 0.6[-13.9] \times 0.72$$

$$DTe(t) = 7.8$$

CHAPITRE IV : Bilan thermique avec les le matériau à changement de phase

$$S_{int}=5.18 \text{ m}^2 \quad .K_{été}= 1.87\text{W}/^{\circ}\text{m}^2 \quad E_b= 9 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad C\Delta te = - 0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta tem (15h) = 0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \Delta tes (15h) = 13.9^{\circ}\text{C}. \quad I_{t,b}= 155.5 \text{ W/m}^2 \quad I_{t,b}(40) = 217 \text{ W/m}^2$$

$$APO (15h) = 1,2 * 1.87* 5.18 * 7.8$$

$$APO (15h) = 90.59 \text{ W}$$

IV.3.6.1.2. Apport par les ponts thermiques

$$APT= 0.05 \times APO$$

$$APT = 4.53 \text{ w}$$

IV.3.6.1.3. Apport total

$$A_{TOTAL}=APO + APT + A_{S \text{ INF}} + A_{L \text{ INF}}$$

$$A_{TOTAL}= 260.5 \text{ w}$$

IV.3.6.1.4. Apport absorbé par le mcp

$$A_{abs}= m \times L_V$$

$$A_{abs}= 235.33 \text{ w}$$

IV.3.6.1.5. Apport traversant le mur

$$A_{TRAVER}= A_{TOTAL} - A_{abs}$$

$$A_{TRAVER}= 25.33 \text{ w}$$

IV.3.6.2. Mur ouest

IV.3.6.2.1. Apports à travers les parois opaques

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta tes(t) + c\Delta te + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta Tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40)}$$

$$DTe(t) = 10.6 - 0.1 + 0.6[-10.6] \times 1$$

$$DTe(t) = 4.14^{\circ}\text{C}$$

$$S_{int}=4.94 \text{ m}^2. \quad K_{été}= 1.88\text{W}/^{\circ}\text{m}^2 \quad E_b= 9 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad C\Delta te = - 0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta tem (15h) = 0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \Delta tes (15h) = 10.6^{\circ}\text{C}. \quad I_{t,b}= 516 \text{ W/m}^2 \quad I_{t,b}(40) = 516 \text{ W/m}^2$$

D'ou

$$APO(15h) = 1,2 * 1.88 * 4.94 * 4.14$$

$$APO(15h) = 46.13 \text{ w}$$

IV.3.6.2.2. Apport par les ponts thermiques

$$APT = 0.05 \times APO$$

$$APT = 2.31 \text{ w}$$

IV.3.6.2.3. Apport total

$$A_{TOTAL} = APO + APT + A_{S INF} + A_{L INF}$$

$$A_{TOTAL} = 48.41 \text{ w}$$

IV.3.6.2.4. Apport absorbé par le mcp

$$A_{abs} = m \times L_V$$

$$A_{abs} = 43.42 \text{ w}$$

IV.3.6.2.5. Apport traversant le mur

$$A_{TRAVER} = A_{TOTAL} - A_{abs}$$

$$A_{TRAVER} = 5.02 \text{ w}$$

IV.3.6.3. Mur est**IV.3.6.3.1. Apports à travers les parois opaques**

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times Sint \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta tes(t) + c\Delta te + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta Tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{It,b}{It,b(40)}$$

$$DTe(t) = 7.2 - 0.1 + 0.6[-7.2] \times 1$$

$$DTe(t) = 2.78^\circ\text{C}$$

$$S_{int} = 11.96 \text{ m}^2$$

$$K_{été} = 1.88 \text{ W}/^\circ\text{m}^2$$

$$E_b = 9^\circ\text{C}$$

$$C\Delta te = -0,1^\circ\text{C}$$

$$\Delta tem(15h) = 0^\circ\text{C}$$

$$\Delta tes(15h) = 7.2^\circ\text{C}$$

$$I_{t,b} = 516 \text{ W}/\text{m}^2$$

$$I_{t,b}(40) = 516 \text{ W}/\text{m}^2$$

D'ou

$$APO(15h) = 1,2 * 1.88 * 11.96 * 2.78$$

$$APO(15h) = 75.06 \text{ W}$$

IV.3.6.3.2. Apport par les ponts thermiques

$$APT = 0.05 \times APO$$

$$APT = 3.75 \text{ w}$$

IV.3.6.3.3. Apport total

$$A_{TOTAL} = APO + APT + A_{S INF} + A_{L INF}$$

$$A_{TOTAL} = 78.82 \text{ w}$$

IV.3.6.3.4. Apport absorbé par le mcp

$$A_{abs} = m \times L_V$$

$$A_{abs} = 70.37 \text{ w}$$

IV.3.6.3.5. Apport traversant le mur

$$A_{TRAVER} = A_{TOTAL} - A_{abs}$$

$$A_{TRAVER} = 8.44 \text{ w}$$

IV.3.7. Apports par le toit**IV.3.7.1. Apports à travers les parois opaques**

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times DTE(t)$$

$$DTe(t) = \Delta t_{es}(t) + c\Delta t_e + \frac{\alpha}{0,9} \times [\Delta T_{em}(t) - \Delta t_{es}(t)] \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40)}$$

$$DTe(t) = 7.2 - 0.1 + 0.6[-7.2] \times 1$$

$$DTe(t) = 2.78^\circ\text{C}$$

$$S_{int} = 71 \text{ m}^2 \quad .K_{été} = 3.52 \text{ w}/^\circ\text{m}^2 \quad E_b = 9^\circ\text{C} \quad C\Delta t_e = -0,1^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{em}(15h) = 3.3^\circ\text{C} \quad \Delta t_{es}(15h) = 15.6^\circ\text{C}. \quad I_{t,b} = 755 \text{ W/m}^2 \quad I_{t,b}(40) = 734 \text{ W/m}^2$$

D'ou

$$APO(15h) = 1,2 \times 3.52 \times 71 \times 8.48$$

$$APO(15h) = 2542.25 \text{ w}$$

IV.3.7.2. Apport par les ponts thermiques

$$A_{PT} = 0$$

IV.3.7.3. Apport total

$$A_{TOTAL} = A_{PO} + A_{PT} + A_{S\ INF} + A_{L\ INF}$$

$$A_{TOTAL} = 2542.25\ W$$

IV.3.7.4. Apport absorbé par le mcp

$$A_{abs} = m \times L_V$$

$$A_{abs} = 2514.25\ W$$

IV.3.7.5. Apport traversant le mur

$$A_{TRAVER} = A_{TOTAL} - A_{abs}$$

$$A_{TRAVER} = 28 \quad W.$$

CHAPITRE IV : Bilan thermique avec les le matériau à changement de phase

		AIL	AIS	AV	APO	APT	AINFS	AINFL	AT	Aabs	Atra	Ats
chambre1	Sud	146	482,11	188,69	115	5,75	77,95	67,95	266,66	255,94	10,73	681,53
	Est	146	463	0	31	1,55	0	0	32,55	29,1	3,49	466,49
	Ouest	146	520,41	0	86,17	4,3085	0	0	90,4785	88,67	1,8085	522,2185
total		438	1465,52	188,69	232,17	11,6085	77,95	67,95	389,6885	373,71	16,0285	1670,2385
chambre2	Est	146	462,75	0	75,05	3,7525	0	0	78,8025	78,41	0,3925	463,1425
	Nord	146	476,9	169,97	35,25	1,7625	77,95	67,95	182,9125	182,86	0,0525	646,9225
total		292	939,65	169,97	110,3	5,515	77,95	67,95	261,715	261,27	0,445	1110,065
cuisine	Nord	451	2372,9	233,7	23,06	1,153	107,2	93,4	224,813	223,81	1,003	2607,603
SDB	Nord	1015,5	2269,68	54,63	45	2,25	25,06	21,84	94,15	93,54	0,61	2324,92
	Ouest	1015,5	2303,44	43,96	78,93	3,9465	11,6	10,13	104,6065	103,86	0,7465	2348,1465
total		2482	6946,02	332,29	146,99	7,3495	143,86	125,37	423,5695	421,21	2,3595	7280,6695
hall	Ouest	146	258,12	0	50,98	2,549	0	0	53,529	52,45	1,079	259,199
	Sud	146	446	114,24	160,68	8,034	97,44	67,95	334,104	331,39	2,714	562,954
total		292	704,12	114,24	211,66	10,583	97,44	67,95	387,633	383,84	3,793	822,153
séjour	Est	146	520,41	0	75,05	3,7525	0	0	78,8025	78,41	0,3925	520,8025
	Ouest	146	215,1	0	46,12	2,306	0	0	48,426	47,46	0,966	216,066
	Sud	146	446	265,67	90,55	4,5275	97,44	67,95	260,4675	254,36	6,1075	717,7775
	Total	438	1181,51	265,67	211,72	10,586	97,44	67,95	387,696	380,23	7,466	1454,646
toit		0	0	0	2542,25	0	0	0	2542,25	2514,25	28	28
total		3942	11236,82	1070,86	3455,09	45,642	494,64	397,17	4392,552	4334,51	58,092	12365,772

Tableau IV.8 : tableau récapitulatif des apports à travers les parois avec MCP

IV.4. Les déperditions totales d'un logement avec (MCP)

$$D = \sum D_i$$

$$\Delta T = T_{i,b} - T_{e,b}$$

$$T_{i,b} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad T_{e,b} = 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

IV.4.1. Chambre I

IV.4.1.1. mur sud

IV.4.1.1.1. Déperditions totales d'un volume

$$D_i = (D_{tra})_i + (D_R)_i$$

$$D_i = 586.8 \text{ w}$$

IV.4.1.1.2. Calcul de (DT)_i:

$$(DT)_i = (D_s)_i + (D_{li})_i + (D_{sol})_i + (D_{inc})_i$$

$$(DT)_i = 845.94 \text{ w}$$

IV.4.1.1.3. Calcul des déperditions surfaciques

$$D_s = K \times S \times \Delta T$$

$$D_s = 180.75 \text{ w}$$

$$\text{Avec:} \quad K = 1.77 \text{ w/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad S = 6.38 \text{ m}^2$$

IV.4.1.1.4. Calcul des déperditions par les ponts thermique

$$D_{LI} = 0.2 \times D_s \times \Delta T$$

$$D_{LI} = 578.39 \text{ w}$$

IV.4.1.1.5. Calcul déperdition par le sol D_{sol}

$$D_{SOL} = K_s \times P \times \Delta T$$

$$D_{SOL} = 86.8 \text{ w}$$

$$\text{Avec: } K_s = 1.75 \text{ w/m }^{\circ}\text{C}$$

IV.4.1.1.6. Calcul de D_{inc}

$$D_{inc} = 0 \text{ w/}^{\circ}\text{C} \quad \text{\texttt{\$}\$PAS DE CONTACT AVEC UN LOCAL VOISIN\texttt{\$}\$}$$

IV.4.1.1.7. Calcul des déperditions absorbées par le MCP

$$L_v = 20 \text{ w}; \rho = 908 \text{ Kg/m}^3; \lambda = 0.2 \text{ w/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}; e = 0.01 \text{ m}; V = 0.0638 \text{ m}^3$$

$$D_{abs} = \rho \times V \times Lv$$

$$D_{abs} = 834.2 \text{ w}$$

IV.4.1.1.8. Calcul de $(DR)_i$

$$D_R = 0,34(Q_S + Q_V) \times \Delta T$$

$$D_R = 575.07 \text{ w}$$

$$\triangleright Q_S = \sum (P_{PI} \times e_{vi})$$

$$\triangleright P_{PI} = \sum (P_{OJ} + A_J)$$

$$P_{PI} = 6.72 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

$$Q_S = 18.21 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

$$Q_V = (5 Q_{V_{MIN}} + Q_{V_{MAX}})/6$$

$$Q_V = 87.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

IV.4.1.1.9. Calcul des déperditions traversant la paroi

$$D_{tra} = D_T - D_{abs}$$

$$D_{tra} = 24.77 \text{ w}$$

IV.4.1.1.10. Déperditions par le toit

$$D_{toit} = K \times S \times \Delta T$$

$$D_{toit} = 3946.4 \text{ w}$$

NB : pour les calculs des déperditions des autres murs, les résultats sont donnés dans le tableau suivant

CHAPITRE IV : Bilan thermique avec les le matériau à changement de phase

piece	Mur	Ds	Dli	Dsol	Dinc	DT	Dabs	Qs	Qv	Dr	Dtra	Di
chambre1	Ouest	264,131526	845,220885	99,4	0	1208,75241	385,51864	0	87,5	476	823,233771	1299,23377
	Sud	181,67431	581,357793	86,8	0	849,832103	544,54576	18,21	87,5	575,0624	305,286343	880,348743
	Est	141,512188	452,839003	53,2	0	647,551191	161,47872	0	87,5	476	486,072471	962,072471
chambre 2	Nord	170,149539	544,478525	82,6	0	797,228064	641,79256	18,21	87,5	575,07	155,435504	730,505504
	Est	342,537694	1096,12062	128,8	0	1567,45831	412,66784	0	87,5	476	1154,79047	1630,79047
séjour	Sud	147,352292	471,527352	78,4	0	697,279644	489,15776	22,76	87,5	599,84	208,121884	807,961884
	Est	342,537694	1096,12062	128,8	0	1567,45831	412,66784	0	87,5	476	1154,79047	1630,79047
	Ouest	141,366169	452,371741	53,2	0	647,551191	206,33392	0	87,5	476	441,217271	917,217271
cuisine	Nord	111,702651	357,448483	67,2	0	536,351134	399,66528	37,56	87,5	680,33	136,685854	817,015854
SDB	Ouest	241,946927	774,230166	65,8	0	1081,97709	399,44736	2,71	87,5	490,74	682,529733	1173,26973
	Nord	217,923828	697,356249	87,92	0	1003,20008	359,78592	5,85	87,5	507,84	643,414157	1151,25416
hall	Ouest	156,246818	499,989819	58,8	0	715,036637	228,05328	0	87,5	476	486,983357	962,983357
	Sud	102,576119	328,24358	61,6	0	492,419699	466,74832	42,93	87,5	709,52	25,671379	735,191379
toit		3794,31088	0	0	0	3794,31088	2578,72	0	0	0	1215,59088	1215,59088
total		6355,96864	8197,30484	1052,52	0	15606,4068	7686,5832	148,23	1137,5	6994,4024	7919,82355	14914,226

Tableau II.9 : Déperdition thermique avec MCP

IV.5. Comparaison discussions des résultats obtenus

Les deux bilans thermiques effectué dans ce mémoire nous ont permis d'interprété les résultats ci-dessous :

		<i>Estival</i>	<i>hivernal</i>
<i>APO</i>	<i>AIR</i>	4532,55	20811.47
	<i>MCP</i>	59,095	14914.22
<i>Taux de gain</i>		99%	28%
<i>AT</i>	<i>AIR</i>	24497,59	13817.07
	<i>MCP</i>	14973,38	7919.82
<i>Taux de gain</i>		39%	43%

Tableau VI.10 : récapitulatif des gains thermiques

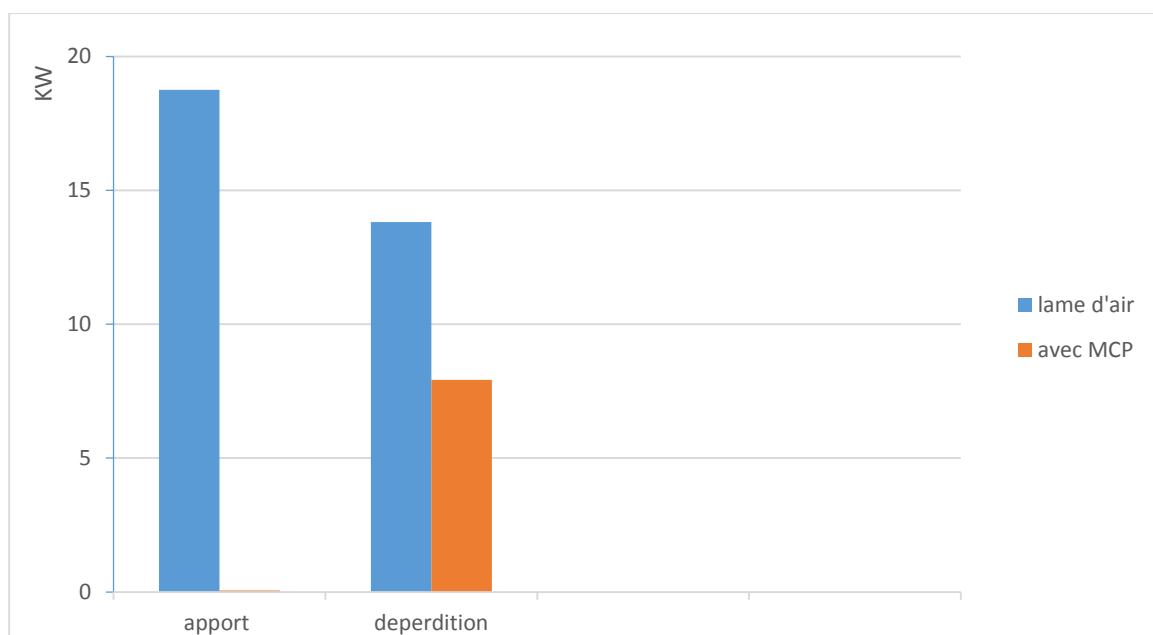


Figure IV.4 : Histogramme des apports et déperditions thermiques à travers les parois opaques

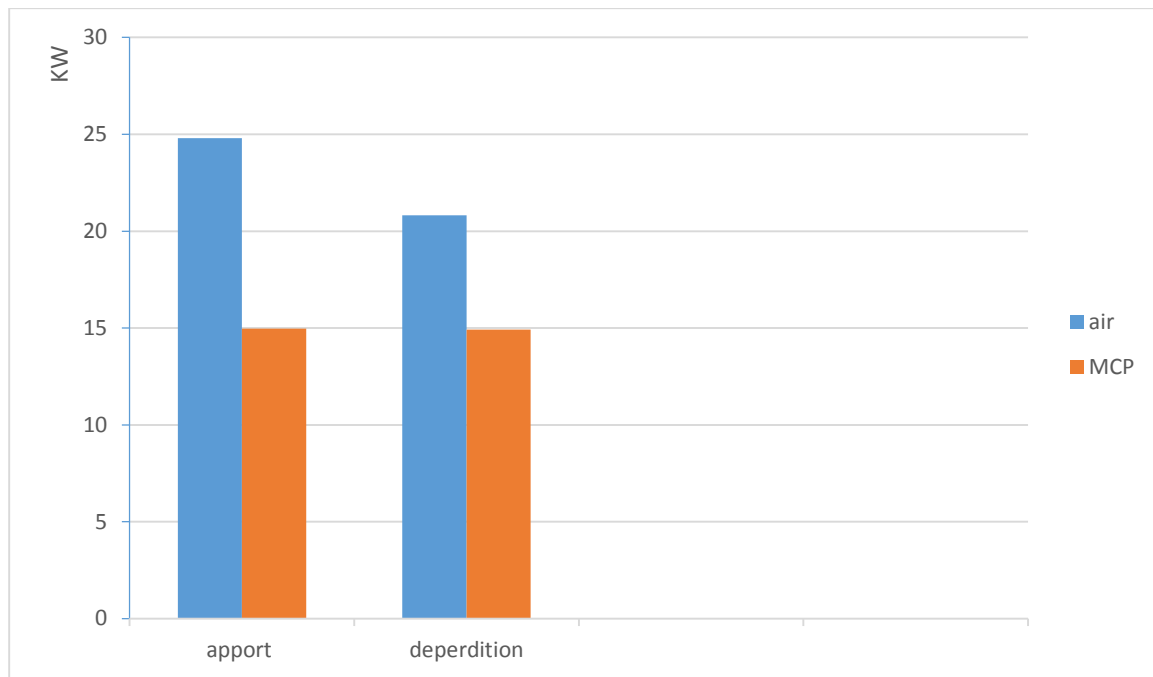


Figure IV.5 : Histogramme des apports et déperditions thermiques totaux

IV.6. Interprétation des résultats de l'histogramme

- D'après les résultats obtenus dans les deux bilans l'isolation avec un matériau à changement de phase nous permet de diminuer les apports thermiques par les parois opaques de 99% voir les annuler par rapport à l'isolation avec l'air et une diminution de 57% sur les déperditions thermiques à travers les parois opaques par rapport à l'isolation avec l'air
- D'après les résultats obtenus dans les deux bilans l'isolation avec un matériau à changement de phase nous permet de diminuer les apports thermiques de 43% par rapport à l'isolation avec l'air et une diminution de 28% sur les déperditions thermiques par rapport à l'isolation avec l'air

Ce fascicule du Document Technique Réglementaire (DTR) apporte une première réponse aux problèmes liés à la thermique du bâtiment.

Il met à la disposition des professionnels des méthodes d'évaluations thermiques des logements pour le problème d'hiver et d'été.

L'exigence réglementaire sur laquelle s'appuie ce DTR consiste à limiter les déperditions calorifiques et les apports calorifiques des logements en fixant un seuil à ne pas dépasser (appelé déperditions et apports 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, et dépasse les 90% des économies sur la consommation d'énergie en climatisation des logements sans pour autant porter atteinte au confort des utilisateurs.

- La comparaison des deux calculs de bilan entre l'air et le MCP nous a montrés l'avantage d'isolation avec le MCP par rapport aux autres isolants, elle minimise les apports et déperditions thermique.
- L'isolation avec un MCP nous a permis un gain de 28.5% d'énergie en hiver et une réduction de 92.5% des apports en été pour avoir un confort thermique
- L'isolation avec un MCP nous a permis de diminuer la climatisation et le chauffage ce qui réduit le besoin en énergie électrique
- L'isolation avec un MCP permet de limiter l'utilisation des appareils polluant tels que les appareils à gaz et les climatiseurs

Dans le stockage par chaleur latente, l'énergie est stockée/ déstockée en fonction du changement d'état du matériau de stockage (fusion ou solidification). L'énergie stockée dépend alors de la chaleur latente est de la masse du matériau a changement de phase.

L'utilisation des MCP pour le stockage / déstockage de l'énergie thermique a suscité un regain d'intérêt ces dernière années. Cela est dû au fait que les MCP ont une forte densité de stockage (quantité d'énergie stocké par unité de masse). On outre ces matériaux peuvent être appliqué dans plusieurs domaines.

Par ailleurs nous pouvons dire que l'utilisation des MCP pour le stockage de l'énergie thermique présente un grand intérêt au regard du contexte énergétique actuel

1. Centre énergétique et procédé, Mines Paris Tech, 2008
2. Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme, Commission Technique Permanente, 2007, 'Réglementation Thermique des Bâtiments d'Habitation et Règles de Calcul des Déperditions Calorifiques', Document Technique Réglementaire, CNERIB, Algérie.
3. DTR_ thermique du bâtiment (C3.2 H) ; (C3.4 E)
4. MATERIAUX A CHANGEMENT DE PHASE POUR LE STOCKAGE D'ENERGIE
Jean-pierre BEDECARRATS, Erwin FRANQUET, Stéphane GIBOUT, Didier HAILLOT
Journées nationales sur l'énergie solaire conférence internationale DERBI
28 au 30 juin 2016 Perpignan la TEP – ESGTI, University of Pau, France
5. Mohamed Amine AKRETCHE 1, Salah CHIKH 1, Fazia ALI-TOUDERT 2, Lounes TADRIST (Analyse thermique des matériaux à changement de phase utilisés dans le bâtiment)
17 eme journée internationale de thermique (JITH 2015) Marseille (France), 28-30 octobre 2015
6. CLONED, J. « Les matériaux isolantes thermiques pour le bâtiment », Centre d'animation régional en matériaux avancé, Mai 2010.
7. REME, « Guide maghrébin des matériaux d'isolation thermique de bâtiment », Edition 2010.
8. Site internet : (isolation-France.fr). Le 21/02/2016, 18 :35.
9. TRNSYS (Transient System Simulation)